SD11
A54
1990-91

ANNUAL LETTER

1990-91

INSTITUTE OF TROPICAL FORESTRY
RÍO PIEDRAS, PUERTO RICO

SOUTHERN FOREST EXPERIMENT STATION
U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE
FOREST SERVICE

ANNUAL LETTER

1990-91

INSTITUTE OF TROPICAL FORESTRY
RÍO PIEDRAS, PUERTO RICO

SOUTHERN FOREST EXPERIMENT STATION
U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE
FOREST SERVICE

LIBRARY COPY
ROCKY MT. FOREST & RANGE
EXPERIMENT STATION

Southern Forest Experiment Station
Institute of Tropical Forestry
Call Box 25000
Río Piedras, PR 00928-2500
May 1992

Dear friends:

This letter covers the period from October 1, 1990, to September 31, 1991. With this number we begin an expanded version of the Annual Letter. You will find a greater coverage of our research program as well as more up-to-date information on the status of our programs. In the past, we reported only official Forest Service studies by Institute scientists and only after the results had appeared in print. Our intention now is to provide a broader and more realistic picture of our research program. In the future our coverage will expand as all Institute of Tropical Forestry (ITF) collaborators report the results of their cooperative projects with Institute scientists.

As is customary, tables 1 through 3 at the end of the English version of the letter summarize all ITF activities. I hope that you will find this Annual Letter informative and that you will share with us the results of your own studies of tropical forests.

Sincerely,

ARIEL E. LUGO
Director and Project Leader

Estación Experimental de los Bosques del Sur
Instituto de Dasonomía Tropical
Call Box 25000
Río Piedras, PR 00928-2500
mayo 1992

Estimados amigos:

Esta carta cubre el período de tiempo entre el 1 de octubre de 1990 y el 31 de diciembre de 1991. Con este número de la Carta Anual expandimos el contenido de la misma para incluír trabajos de nuestros colaboradores e información al día de los programas del Instituto. En el pasado la Carta Anual sólo reportaba los estudios oficiales de científicos del Instituto y sólo después de estos haber sido publicados. Nuestra intención es presentar un cuadro más amplio de los programas de investigación y esperamos que la ampliación de la cobertura aumente con el tiempo, a medida que se incorporen todos los colaboradores del Instituto.

Como de costumbre, las tablas 1 al 3 al final de la versión en inglés de la Carta Anual, resumen todas las actividades del Instituto. Espero que usted encuentre algún valor en ésta y que comparta con nosotros los resultados de sus investigaciones en los bosques tropicales.

Cordialmente,

ARIEL E. LUGO
Director y Líder de Proyecto

INSTITUTE OF TROPICAL FORESTRY ANNUAL LETTER

1991
Table of Contents

	Page
Plantation Forestry Research *John K. Francis*	1
Tropical Silvics Manual *John K. Francis*	2
Plantation Forestry Research: Rehabilitation Studies *John A. Parrotta*	4
Forestry Research and Management *Peter L. Weaver*	7
Ecological Studies *Ariel E. Lugo*	9
Watershed Studies *F.N. Scatena*	15
Seed Bank in Soils of Bisley Watersheds *Monica Naumann*	17
The Role of Belowground Properties in Nutrient Conservation Following Disturbance in the Luquillo Experimental Forest *Whendee L. Silver*	18
Wildlife Research in Three Forest Types *Wayne J. Arendt*	19
Wildlife Research *Joseph W. Wunderle, Jr.*	24
Advanced Technology Applications at the Institute of Tropical Forestry *A.J.R. Gillespie*	26
Global Positioning System Operation in a Moist Tropical Forest *Gilbert Rochon*	27
Post-Hugo Plot Remeasurement *A.J.R. Gillespie, S. Molina, and S. Alemañy*	28
Parrot Research *Marcia H. Wilson*	29

Page

Ecosystem Dynamics on a Landslide Chronosequence in the Luquillo Experimental Forest
Dan Zarin and Art Johnson 30

Parrot Management: Wild Flock
Francisco J. Vilella 31

Home Range and Movements of Juvenile Puerto Rican Parrots
Wayne J. Arendt 32

Parrot Management: Captive Flock
Teri Sorenson 33

Capturing and Marking Techniques for the Recovery of the Puerto Rican Parrot
J. Michael Meyers 34

Distribution and Behavior of Nonbreeding and Breeding Puerto Rican Parrots
Wylie C. Barrow, Jr. 35

Technology Transfer
Frank H. Wadsworth 36

Table 1 37

Table 2 42

Table 3 43

Appendix (Recent Publications of the Institute of Tropical Forestry) 47

Versión en Español 59

CARTA ANUAL DEL INSTITUTO DE DASONOMÍA TROPICAL

1991
Tabla de Contenido

Página

Investigación de Plantaciones Forestales 60
John K. Francis

Manual de Silvicultura Tropical 61
John K. Francis

Investigación de Plantaciones Forestales con Enfasis en la Rehabilitación de Bosques 62
John A. Parrotta

Investigación y Manejo Forestal 64
Peter L. Weaver

Estudios Ecológicos 65
Ariel E. Lugo

Estudios de las Cuencas 68
F.N. Scatena

Estudio del Banco de Semillas del Suelo en las Cuencas Hidrográficas de Bisley 70
Monica Naumann

El Papel de las Propiedades Subterráneas del Bosque en la Conservación de Nutrientes Después de Perturbaciones en el Bosque Experimental de Luquillo 71
Whendee L. Silver

Investigación de Vida Silvestre en Tres Tipos de Bosque 72
Wayne J. Arendt

Investigación en Vida Silvestre 74
Joseph W. Wunderle, Jr.

Aplicación de Avances Tecnológicos a la Investigación Forestal en el Instituto de Dasonomía Tropical 76
A.J.R. Gillespie

Operación Global de Sistema de Posición en un Bosque Húmedo Tropical 77
Gilbert Rochon

Página

Estudio de Rodales Afectados por el Huracán Hugo
A.J.R. Gillespie, S. Molina, and S. Alemañy 78

Investigación de la Cotorra
Marcia H. Wilson 79

Dinámica de Ecosistemas en una Cronosequencia Dentro de Derrumbes en el Bosque Experimental de Luquillo
Dan Zarin and Art Johnson 80

Programa de Manejo para la Población Silvestre de la Cotorra Puertorriqueña
Francisco J. Vilella 81

Localidad y Movimiento de Cotorras Puertorriqueñas Juveniles
Wayne J. Arendt 82

Investigación de la Cotorra: Población Cautiva
Teri Sorenson 83

Métodos de Captura y Anillaje para la Recuperación de la Cotorra Puertorriqueña
J. Michael Meyers 84

Distribución y Comportamiento de las Cotorras Puertorriqueñas Reproductivas y no Reproductivas
Wylie C. Barrow, Jr. 85

Transferencia de Tecnología
Frank H. Wadsworth 86

Tabla 1 37

Tabla 2 42

Tabla 3 43

Apéndice (Publicaciones recientes del Instituto de Dasonomía Tropical) 47

PLANTATION FORESTRY RESEARCH

John K. Francis
Research Forester

Foresters have been establishing new timber plantations in Puerto Rico for more than 60 years. The individual owners generally knew how much area they had, but an overall picture for Puerto Rico was completely lacking. A survey of timber plantations (Francis, in press) on federal, commonwealth, and private holdings was recently conducted using published sources, inventory files, interviews with land managers, and field mapping. A total of 3,991 hectares of plantations were found. About 46 percent was located on land of the Department of Natural Resources of Puerto Rico, about 40 percent was on land of the USDA Forest Service, and 14 percent was on private and other public land. Mahogany (*Swietenia mahagoni* and *S. macrophylla*) accounted for 29 percent of the area, *Eucalyptus* species 12 percent of the area, and Caribbean pine (*Pinus caribaea*) 9 percent. A variety of other species and mixed plantings made up the balance of the plantation area. In 1985 timber plantations accounted for just 1.4 percent of the forest land area in Puerto Rico (Birdsey and Weaver 1987). Very little new plantation area is being added annually in Puerto Rico, and a substantial but unknown area is being lost, mainly to attrition of plantation trees and to suppression by invading tree species.

Colonization by exotic plant species has been happening since the Puerto Rican land mass rose out of the sea. The rate of introductions accelerated thousands of times after the arrival of Europeans, particularly during the last century. An exotic tree species is considered naturalized when it reproduces without the direct intervention of humans. Some 118 naturalized exotic tree species have been documented in Puerto Rico (Francis and Liogier 1991). Of the number naturalized, about 45 species were brought in more than 100 years ago. Half the recently naturalized species were ornamentals and half were agricultural or forestry trees. Forty-seven percent of the naturalized species originated in the New World. Eleven percent came from Africa and the Mediterranean area, and 42 percent are Asian-Oceanian. Most of the naturalized exotics could not persist without human-caused disturbance. A few, however, compete vigorously in moist and dry secondary forests. *Albizia procera, Prosopis pallida,* and *Spathodea campanulata* are familiar examples. One species, *Syzygium jambos*, even appears to have taken a permanent place in the late secondary subtropical wet forest. Although shifts in species frequencies, particularly in early secondary forests, have resulted from the invasion of exotic tree species, extinctions of native flora or other serious ecological damage seems unlikely.

LITERATURE CITED

Birdsey, R.A. and P.L. Weaver. 1987. Forest area trends in Puerto Rico. Research Note S0-331. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 5 p.

Francis, J.K. Forest plantations in Puerto Rico. *In* A.E. Lugo and C.A. Lowe, editors. A century of tropical forestry research: results from the first half, themes for the second. Springer Verlag, New York (in press).

Francis, John K. and H.A. Liogier. 1991. Naturalized exotic tree species in Puerto Rico. General Technical Report S0-82. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 12 p.

TROPICAL SILVICS MANUAL

John K. Francis
Research Forester

A project for the tropics paralleling the "U.S. Silvics Manual" was begun several years ago and has progressed steadily since then. The project consists of short monographs on important tree species native to, or planted in, Puerto Rico. Monographs contain information on life history, growth characteristics, management methods, and uses. The information has been gleaned from the literature and from the data collected by the individual authors. In most cases, distribution maps and photographs of the trees are included. These monographs are published in English with a three-hole format to be assembled in binders as they are published. To date, entries for 43 species have been printed, and about 25 more are being prepared. Silvical descriptions for another 20 tropical species are in the 1991 "Silvics of North America" Volume 2, Agricultural Handbook 654 (table 1). Ultimately, we will combine all these descriptions into hard cover volumes–both in English and Spanish. Listed in table 2 are species, authors, and publication numbers of the "Tropical Silvics Manual" entries published so far. Copies can be obtained from the Institute of Tropical Forestry.

Table 1. Tropical species described in the Silvics of North America, Volume 2.

Species	Author(s)	Pages
Acacia koa	C.D. Whitesell	17-28
Calophyllum calaba	P.L. Weaver	172-178
Casuarina spp.	D.L. Rockwood, R.L. Fisher, L.F. Conde, and J.B. Foffman	240-243
Cecropia peltata	S.R. Silander and A.E. Lugo	244-249
Cedrela odorata	B.B. Cintrón	250-257
Cordia alliodora	L.H. Liegel and J.W. Stead	270-277
Dacryodes excelsa	A.E. Lugo and F.H. Wadsworth	284-287
Didymopanax morototoni	L.H. Liegel	288-293
Eucalyptus globulus	R.G. Skolmen and F.T. Ledig	299-304
Eucalyptus grandis	G. Meskimen and J.K. Francis	305-312
Eucalyptus robusta	J.P. King and R.G. Skolmen	313-317
Eucalyptus saligna	R.G. Skolmen	318-324
Grevillea robusta	R.G. Skolmen	370-373
Manilkara bidentata	P.L. Weaver	455-460
Melaleuca quinquenervia	T.F. Geary and S.L. Woodall	461-465
Metrosideros polymorpoha	K. Adee and C.E. Conrad	466-469
Pithecellobium saman	R.G. Skolmen	507-510
Prosopis pallida	R.G. Skolmen	583-586
Sabal palmetto	D.D. Wade and O.G. Langdon	762-767
Tabebuia heterophylla	P.L. Weaver	778-783

Table 2. Tree species described in the "Tropical Silvics Manual" Series.

Species	Author(s)	Publication Number
Anthocephalus chinensis	A.E. Lugo and J. Figueroa	SO-ITF-SM-01
Rhizophora mangle	J.A. Jiménez	SO-ITF-SM-02
Laguncularia racemosa	J.A. Jiménez	SO-ITF-SM-03
Avicennia germinans	J.A. Jiménez and A.E. Lugo	SO-ITF-SM-04
Khaya senegalensis	A. Bokkestijn and J.K. Francis	SO-ITF-SM-05
Albizia procera	J.A. Parrotta	SO-ITF-SM-06
Albizia lebbek	J.A. Parrotta	SO-ITF-SM-07
Maesopsis eminii	J.K. Francis	SO-ITF-SM-08
Khaya nyasica	J.K. Francis and A. Bokkestijn	SO-ITF-SM-09
Agathis robusta	J.K. Francis	SO-ITF-SM-10
Araucaria heterophylla	J.K. Francis	SO-ITF-SM-11
Terminalia ivorensis	J.K. Francis	SO-ITF-SM-12
Hernandia sonora	J.K. Francis	SO-ITF-SM-13
Hibiscus elatus	P.L. Weaver and J.K. Francis	SO-ITF-SM-14
Enterolobium cyclocarpum	J.K. Francis	SO-ITF-SM-15
Eucalyptus deglupta	J.K. Francis	SO-ITF-SM-16
Guarea guidonia	P.L. Weaver	SO-ITF-SM-17
Bucida buceras	J.K. Francis	SO-ITF-SM-18
Pterocarpus macrocarpus	J.K. Francis	SO-ITF-SM-19
Andira inermis	P.L. Weaver	SO-ITF-SM-20
Thespesia grandiflora	J.K. Francis	SO-ITF-SM-21
Mammea americana	J.K. Francis	SO-ITF-SM-22
Terminalia catappa	J.K. Francis	SO-ITF-SM-23
Dalbergia sissoo	J.A. Parrotta	SO-ITF-SM-24
Tabebuia donnell-smithii	J.K. Francis	SO-ITF-SM-25
Syzygium jambos	J.K. Francis	SO-ITF-SM-26
Hymenaea courbaril	J.K. Francis	SO-ITF-SM-27
Fraxinus uhdei	J.K. Francis	SO-ITF-SM-28
Ceiba pentandra	J.D. Chinea	SO-ITF-SM-29
Tamarindus indica	J.A. Parrotta	SO-ITF-SM-30
Paraserianthes falcataria	J.A. Parrotta	SO-ITF-SM-31
Spathodea campanulata	J.K. Francis	SO-ITF-SM-32
Senna siamea	J.A. Parrotta and J.K. Francis	SO-ITF-SM-33
Citharexylum fruticosum	J.K. Francis	SO-ITF-SM-34
Bursera simaruba	J.K. Francis	SO-ITF-SM-35
Byrsonima spicata	J.K. Francis	SO-ITF-SM-36
Catalpa longissima	J.K. Francis	SO-ITF-SM-37
Hura crepitans	J.K. Francis	SO-ITF-SM-38
Inga vera	C. Rodríguez	SO-ITF-SM-39
Pithecellobium dulce	J.A. Parrotta	SO-ITF-SM-40
Ochroma pyramidale	J.K. Francis	SO-ITF-SM-41
Zanthoxylum martinicense	J.K. Francis	SO-ITF-SM-42
Buchenavia capitata	P.L. Weaver	SO-ITF-SM-43

PLANTATION FORESTRY RESEARCH: REHABILITATION STUDIES

John A. Parrotta
Research Forester

Severely degraded forest ecosystems, such as those occurring in mining areas throughout the world and on degraded or abandoned pasture land in many parts of the American tropics, require special attention if they are to once again provide ecological and economic goods and services on a long-term basis. Forest plantations established on degraded tropical land can potentially serve three important roles: production of wood and other forest commodities, improvement of the soil, and acceleration of secondary forest succession. The degree to which these objectives are realized depends on several factors, including species selection, plantation design, and management practices.

Since 1984, plantation-based rehabilitation research has been carried out at a nitrogen-limited, degraded coastal pasture site in Toa Baja, in close cooperation with the University of Puerto Rico and Yale University. During the past 2 years, research at this site has focussed on: (a) the influence of established plantation stands of the nitrogen-fixing species *Albizia lebbek* on vegetation and soil nutrient storage rates and on patterns of secondary forest succession in the understory; and (b) the productivity and nutrient cycling processes in plantation monocultures and mixed-species stands of *Eucalyptus robusta, Casuarina equisetifolia,* and *Leucaena leucocephala.*

Relative to pasture control plots, the *Albizia lebbek* plantations have accumulated carbon and nitrogen at estimated annual rates of 6.9 t/ha and 0.24 t/ha, respectively. Plantation soils have been markedly enriched in carbon and nitrogen relative to control plots, although much of the increase in system carbon stores (84 percent) and in nitrogen stores (59 percent) are the result of accumulation in aboveground biomass and roots (Parrotta 1992). Marked differences between plantation and control plots with respect to root biomass and its vertical distribution, understory vegetation structure, and species composition have been noted. While regeneration of secondary forest tree species has been absent in the control plots since 1984, approximately 30 species have been found to regenerate in the plantation. Wildlife attracted to the plantations, principally birds and bats, appear to play a key role in secondary forest succession at this site as tree seed dispersal agents (table 1). The shade provided by the plantation canopy also plays an important role in facilitating secondary forest seed germination and survival by moderating temperature and soil moisture fluctuations and by reducing the competitive advantage of grasses, which dominate the degraded pasture control plots (Parrotta 1991).

Table 1. Dispersal characteristics of secondary forest species occurring in *Albizia lebbek* plots 6.7 yrs after plantation establishment.

Species	Importance value rank	Distance from seed source (m)*	Diaspore dispersal mechanism
Citharexylum fruticosum	1	>50	Birds
Albizia lebbek	2	0	Gravity
Cordia polycephala	3	>30	Birds
Rauvolfia nitida	4	>90	Birds
Lonchocarpus latifolius	5	>20	Wind
Spathodea campanulata	6	>35	Wind
Bourreria succulenta	7	>50	Birds

Table 1. (cont'd).

Species	Importance value rank	Distance from seed source (m)	Diaspore dispersal mechanism
Eugenia monticola	8	>200 ?	Birds
Schinus terebinthifolia	9	>200 ?	Birds
Roystonea borinquena	10	>200	Birds
Calophyllum brasiliense	11	>200	Bats
Bursera simaruba	12	>50	Birds/mammals
Andira inermis	13	>200 ?	Mammals
Psidium guajava	15	>200 ?	Birds
Trichilia hirta	16	>200 ?	Birds
Terminalia catappa	17	>65	Bats
Albizia procera	18	>100	Wind
Unidentified species (5)	14, 19-22	?	?

*Distance to nearest reproductively mature individual for each species located within a 200-m radius of the plantation site.

"?" indicates that no such individuals were found within this distance of the site.

Replicated experimental plantation plots involving two nitrogen-fixing species (*Leucaena leucocephala* and *Casuarina equisetifolia*) and *Eucalyptus robusta* were established in September 1989 as part of an experiment to test hypotheses related to productivity in mixed stands versus plantation monocultures and to the influence of interspecific competition on symbiotic nitrogen fixation.

In this study, nitrogen fixation rates are being monitored using 15 N isotope dilution techniques. Results to date suggest that at this site, admixture with either of the nitrogen-fixing species has no significant positive influence on early *Eucalyptus* height or diameter growth (figs. 1a, 1b). In the case of both nitrogen-fixing species, however, early diameter and height growth were significantly greater in mixed plantings with *Eucalyptus* than in the monoculture treatments. Preliminary results of nitrogen fixation measurements indicate that N-fixation rates (expressed as proportion of nitrogen within foliar biomass derived from atmospheric sources) for both *Leucaena* and *Casuarina* are considerably higher in mixed-species plots (with *Eucalyptus*) than in monocultures. These results suggest that

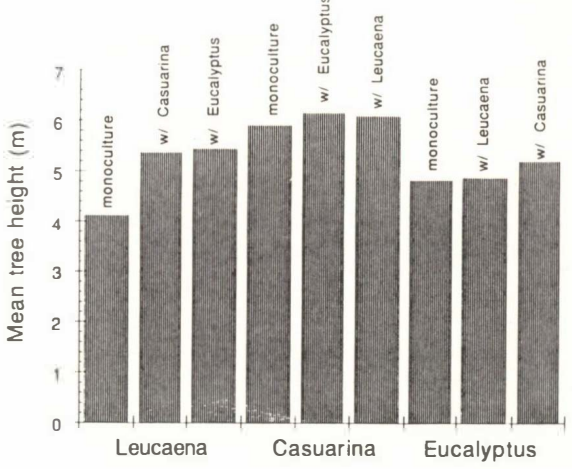

Figure 1a. Mean tree height for *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta*, and *Leucaena leucocephala* in monocultures and mixed-species plantation plots 18 months after planting.

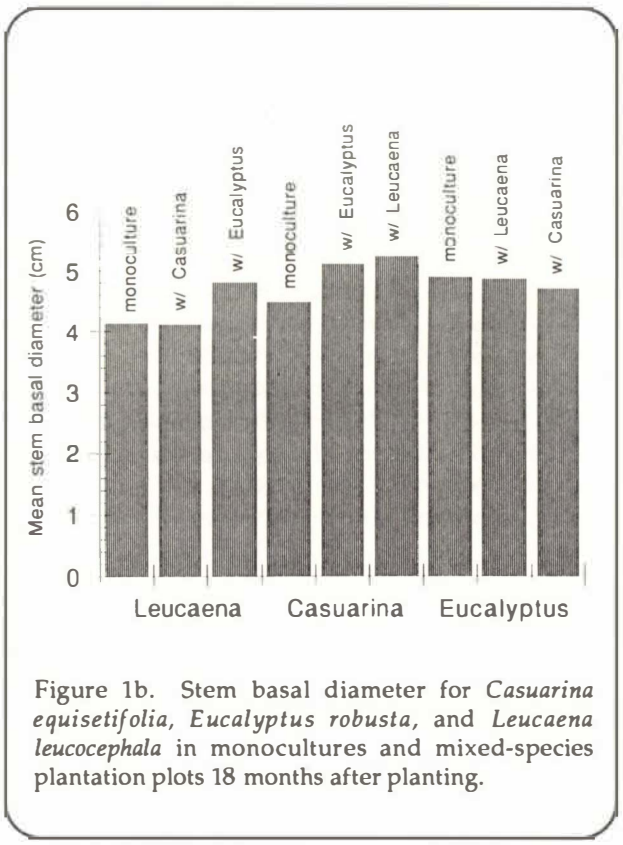

Figure 1b. Stem basal diameter for *Casuarina equisetifolia, Eucalyptus robusta,* and *Leucaena leucocephala* in monocultures and mixed-species plantation plots 18 months after planting.

competition for soil nitrogen by the nonfixing species (*Eucalyptus*) may be stimulating biological fixation of atmospheric nitrogen by the N-fixing species (and their rhizobial or mycorrhizal symbionts). Continued work on this experiment involving more detailed measures of total nitrogen accumulation within above- and belowground biomass, litterfall studies, and studies of the isotopic ratios of nitrogen within these biomass components is expected to refine estimates of total nitrogen fixation under the various species treatments.

LITERATURE CITED

Parrotta, J.A. 1991. Secondary forest regeneration on degraded tropical lands: the role of plantations as "foster ecosystems." Contributed paper. ISTE/INTECOL Symposium on Restoration of Tropical Forest Ecosystems, University of Bonn, Germany.

Parrotta, J.A. 1992. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 41(2):in press.

FORESTRY RESEARCH AND MANAGEMENT

Peter L. Weaver
Research Forester

NATURAL FORESTS

Secondary Forests in Puerto Rico

Successive inventories in Puerto Rico provided the first estimates of secondary forest growth on a regional basis (Weaver and Birdsey 1990). The volume of growing stock trees increased by 32 percent, and timber volume by nearly 36 percent, on all classes of forest land between 1980 and 1985. Timber volume growth rates (in $m^3\ ha^{-1}yr^{-1}$) varied by forest class and averaged 2.0 in young secondary forests, 6.9 in advanced secondary forests, 7.1 in abandoned coffee shade forests, and 1.2 in active coffee shade forests. Tree diameter growth rates were weakly correlated with initial tree diameter ($r^2 = 0.16, n = 1,090$). A slight increase of valuable timber species and human intervention in more than half of the forests were other trends recorded between surveys.

Environmental Gradients in the Luquillo Mountains

Twenty-five groups of three plots stratified by topography (ridge, slope, and valley) were established at 50-m elevational increments between 620 and 970 m in the colorado forest of the Luquillo Mountains in Puerto Rico (Weaver 1991a). Reciprocal averaging ordinations of the sample plot data produced groupings by topography, aspect, and elevation. Reciprocal averaging also indicated environmental preferences for 39 tree species in a complex montane habitat. Direct gradient analyses of 20 common tree species also showed topographic, aspectual, and elevational preferences within the mountains.

Tree Diameter Increment in the Virgin Islands

Sixteen 0.05-ha plots were established in the Cinnamon Bay watershed in 1983 and remeasured in 1988 (Weaver 1990a). For all plots combined, ingrowth exceeded mortality by 12 stems $ha^{-1}yr^{-1}$ and mean basal area increased by 0.26 $m^2ha^{-1}yr^{-1}$. Mean annual diameter growth on 2,538 surviving stems was 0.07 cm yr^{-1} and mean annual height growth was 0.1 m yr^{-1}. Only *Rauvolfia nitida* disappeared from the plots and no new species were recorded.

PLANTATIONS

Performance of Tree Species in Puerto Rico

Twenty-seven plantations of *Tectona grandis* were surveyed in five areas of Puerto Rico (Weaver and Francis 1990). One plantation was 24 years old, and the rest ranged from 37 to 51 years old. Total volume in the 27 plantations varied between 111 and 574 m^3ha^{-1}, and merchantable volumes were between 61 and 230 m^3ha^{-1}. The mean d.b.h. for teak stems by plot ranged from 13.9 to 42.8 cm, and their mean height from 12.1 to 24.0 m. The mean d.b.h. and mean height of the dominant teak stems in the same stands varied between 19.0 and 47.7 cm and between 16.6 and 27.1 m, respectively. Nearly half of the plantations surveyed appeared to be attaining at least 24 m in height growth in 50 years according to regional site class II for countries in or bordering the Caribbean Basin.

In addition, descriptions of the silvicultural characteristics of four tree species, *Buchenavia capitata*, *Calophyllum calaba*, *Manilkara bidentata*, and *Tabebuia heterophylla* were prepared for silvics manuals (Weaver 1990b, 1990c, 1990d, 1991b).

LITERATURE CITED

Weaver, P.L. 1990a. Tree diameter growth rates in Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. Caribbean Journal of Science 26(1-2): 1-6.

Weaver, P.L. 1990b. *Calophyllum calaba* L.: María, Santa María. Pages 172-178 *in* Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods. Agricultural Handbook No. 654. USDA Forest Service, Washington, DC.

Weaver, P.L. 1990c. *Manilkara bidentata* (A. DC.) Chev.: Ausubo, Balata. Pages 455-460 *in* Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods. Agricultural Handbook No. 654. USDA Forest Service, Washington, DC.

Weaver, P.L. 1990d. *Tabebuia heterophylla* (DC.) Britton: Roble blanco, white cedar. Pages 778-783 *in* Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods. Agricultural Handbook No. 654. USDA Forest Service, Washington, DC.

Weaver, P.L. 1991a. Environmental gradients affect forest composition in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Interciencia 16(3):142-151.

Weaver, P.L. 1991b. *Buchenaviacapitata* (Vahl) Eichl., Granadillo. SO-ITF-SM-43. Institute of Tropical Forestry, USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Río Piedras, PR. 7 p.

Weaver, P.L. and R.A. Birdsey. 1990. Growth of secondary forest in Puerto Rico between 1980 and 1985. Turrialba 40(1):12-22.

Weaver, P.L. and J.K. Francis. 1990. The performance of *Tectona grandis* in Puerto Rico. Commonwealth Forestry Review 69(4):313-323.

ECOLOGICAL STUDIES

Ariel E. Lugo
Ecologist

PLANTATION ECOLOGY

The importance of litter to nutrient and organic matter storage and the possible influence of species selection on soil fertility in 10 stands each consisting of a separate tree species were examined (Lugo *et al.* 1990a). The plantations had been grown under similar conditions in an arboretum in the Luquillo Experimental Forest in Puerto Rico. The species involved were: *Anthocephalus chinensis, Eucalyptus* x *patentinervis, E. saligna, Hernandia sonora, Hibiscus elatus, Khaya nyasica, Pinus caribaea* var. *hondurensis, P. elliottii* var. *densa, Swietenia macrophylla,* and *Terminalia ivorensis.* After 26 yr, litter mass ranged from 5 Mg/ha in the *H. sonora* stand to 27.2 Mg/ha in the *P. caribaea* stand (fig. 1). Nutrients in the litter (N, P, K, Ca, and Mg) also varied widely, but stands were ranked in different order when ranked by nutrients in the litter than when ranked according to accumulation of mass (fig. 2). Only *E. saligna* and *A. chinensis* stands were ranked similarly in accumulation of both nutrients and mass, and the stand of *H. elatus* was ranked higher with respect to nutrient accumulation than to accumulation of mass. The nutrient concentration in standing leaf litter generally increased in the order of recently fallen litter to old intact litter to fragmented litter. Nutrient concentration of standing leaf litter appears to increase with age and depth in the litter layer. The amount of nutrients stored in the litter compartment of these plantations was in the same order of magnitude as the quantity of available nutrients in the top centimeter of mineral soil. Total litter mass was negatively correlated with the mass-weighted concentration of N, K, and Mg. The same relationship was found for Ca in the leaf litter and N in the fine wood litter compartments. In some stands (notably *P. caribaea, P. elliottii,* and *E. saligna*), leaf litter derived from species other than the species planted in that particular stand had higher nutrient concentration than leaf litter from the planted species. Soils of the 10 stands were classified in the same soil series and had similar texture (clay soils). However, significantly different chemical characteristics were found. Results obtained by analysis of covariance and by limiting comparisons to adjacent stands with similar soil texture indicate that different species have had different influences on the concentration of available nutrients in the soil.

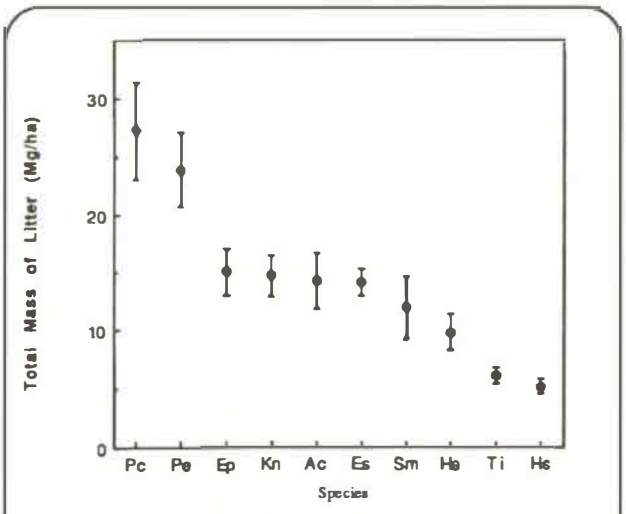

Figure. 1. Litter mass in 10 plantation species in the Luquillo Experimental Forest arboretum. Plantations are about 26 yr old . Each point is the mean of 10 samples, and vertical lines represent a standard error of the mean. Species abbreviations are: Pc - *Pinus caribaea,* Pe - *P. elliottii,* Ep - *Eucalyptus* x *patentinervis,* Kn - *Khaya nyasica,* Ac - *Anthocephalus chinensis,* Es - *E. saligna,* Sm - *Swietenia macrophylla,* He - *Hibiscus elatus,* Ti - *Terminalia ivorensis,* and Hs - *Hernandia sonora.*

Five provenances each of *Eucalyptus deglupta* and *E. urophylla* were studied through 15 years on two sites (table 1) in Puerto Rico (Lugo and Francis 1990). A site at Río Abajo was situated 300 m above sea level in the subtropical wet forest life zone with an annual rainfall of about 2,500 mm, a mean annual air temperature of about 25 °C, and loamy soils with high nutrient content. The site at Yabucoa was located at a 50-m elevation in the subtropical moist forest life zone with an annual rainfall of 2,200 mm, a mean annual air temperature of about 26 °C, and loamy soils (sandier than Río Abajo) of low nutrient content. At Río Abajo, and regardless of provenance, *E. deglupta* grew faster in diameter, height, and stemwood volume than did *E. urophylla.* At Yabucoa *E. urophylla* outperformed *E. deglupta* numerically but not statistically. Observations of tree health and survival at 15 years followed the same pattern. Tree survival was greater in Yabucoa in spite of hurricane damage there. *Eucalyptus deglupta*

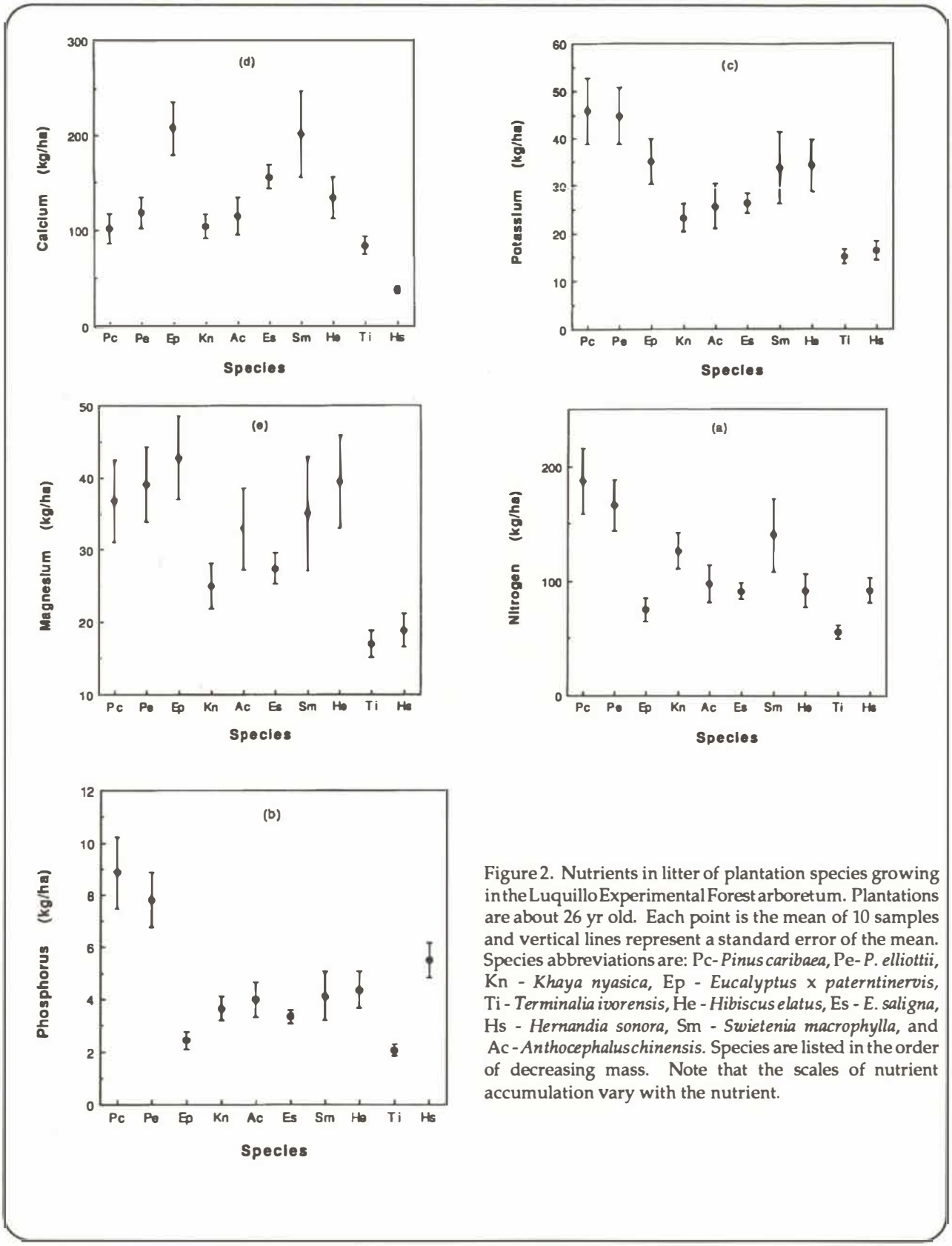

Figure 2. Nutrients in litter of plantation species growing in the Luquillo Experimental Forest arboretum. Plantations are about 26 yr old. Each point is the mean of 10 samples and vertical lines represent a standard error of the mean. Species abbreviations are: Pc- *Pinus caribaea*, Pe- *P. elliottii*, Kn - *Khaya nyasica*, Ep - *Eucalyptus* x *paterntinervis*, Ti - *Terminalia ivorensis*, He - *Hibiscus elatus*, Es - *E. saligna*, Hs - *Hernandia sonora*, Sm - *Swietenia macrophylla*, and Ac - *Anthocephalus chinensis*. Species are listed in the order of decreasing mass. Note that the scales of nutrient accumulation vary with the nutrient.

Table 1. Description of *Eucalyptus* provenances tested in Puerto Rico.

Species	Code	Provenance	Latitude	Elevation (m)	Site
E. deglupta	DB	Papua-New Guinea	6°0.2' S.	1815	unknown
	DC	Papua-New Guinea	9°58' S.	150	unknown
	DD	Philippines	7°36' N.	515	alluvial fan sand
	DF	New Britain	4°19' S.	0-90	river flat
	DG	Philippines	6°15' N.	390	sandy loam
E. urophylla	UH	Timor	8°37' S.	635	schist
	UI	Timor	8°47' S.	1090	schist
	UJ	Indonesia	8°40' S.	420	recent volcanic
	UK	Timor	9°37' S.	1240	limestone
	UL	Timor	8°39' S.	575	schist

is apparently better adapted to moist and nutrient-rich sites, whereas *E. urophylla* grows better on drier and sandier soils. Provenance performance was dictated by the elevation from which seeds were collected (over 50 percent of the growth variance could be explained by elevation). *Eucalyptus urophylla* from provenances of varying elevations responded more readily to new elevations than did those of *E. deglupta*. In general, those provenances from elevations >1,000 m performed poorly while provenances from elevations similar to those of the study sites showed better performance. Short-term observations (2-5 yr) are suitable for assessing initial growth and survival of these species but not for determining which provenances are the best (table 2). Until age 8, growth projections from early observations could overestimate some provenances and underestimate others.

Table 2. Relative ranking of *Eucalyptus deglupta* and *E. urophylla* provenances in growth experiments at two tropical sites. See Table 1 for provenance and species codes.

Provenance and species	Río Abajo				Yabucoa			
	2 yr*	5 yr†	8 yr†	15 yr†	2 yr*	5 yr†	8 yr†	15 yr†
DF‡	3	4	4	4	7	9	5	8
DC	8	7	7	7	10	10	10	7
DG	7	2	2	2	8	5	9	9
DD	1	1	1	1	6	6	7	6
DB§	4	3	3	3	9	8	8	10
UJ	2	6	6	6	3	2	3	1
UL	6	9	10	10	2	1	2	3
UH	9	5	5	5	1	3	1	2
UI§	10	10	9	8	5	4	4	4
UK§	5	8	8	9	4	7	6	5

* Ranking based on height.
† Ranking based on diameter.
‡ Source from <150 m elevation.
§ Source from >1,000 m elevation.

WETLAND ECOLOGY

The perception of mangroves by people in the Pacific islands and throughout all the world has changed in the past decades. Today, the economic, social, ecologic, and esthetic values of mangroves are well recognized. Past research on these ecosystems is responsible for the change in perception. However, a review of 11 subjects relevant to the management of Pacific mangrove forests revealed numerous gaps in quantitative understanding of mangrove functions and values (Lugo 1990). These gaps must be filled if the gains in public perceptions of mangrove values are to be institutionalized through enlightened management. The subjects reviewed were diversity of mangrove habitats; primary productivity; nutrient cycling; food chains; birds, fisheries, and other wildlife; silviculture; response to stressors; restoration; basic biology; values; and changes in sea level. A proposal for mangrove research in the Pacific islands calls for programs with holistic focus, a hierarchical classification of mangrove habitats, a long-term perspective, sensitivity to human and cultural issues, and use of modern research tools such as geographical information systems, networking of permanent research plots, modeling, and team research.

Populations of Ac*rostichum aureum* growing under contrasting conditions of soil salinity and sunlight exposure were studied in two sites on the north coast of Puerto Rico (Medina *et al.* 1990). Plant size and density of clumps under full sun exposure are larger in sites with lower soil salinity. In shady habitats with relatively high soil salinity (understory of *Laguncularia* forests), plants grow larger but occur at lower densities as compared with nonshaded sites. Apparently salt stress in shady habitats is reduced due to lower evaporative demands. Osmotic concentration of leaf cell sap increases markedly with soil salinity (except in shade plants), a process accompanied by corresponding increases in leaf water content per unit leaf area, and reductions in leaflet size and specific leaf area. The major solutes responsible for increases in cell sap osmotic pressure are Na^{2+}, Mg^{2+}, and sucrose. However, the largest relative response to salinity is shown by the cyclitol D-1-0-methyl-muco-inositol, a cytoplasmic compatible solute. Thus, this cyclitol can be considered as an accurate indicator of salt stress in *A. aureum*. The Cl^-/Na^+ molar ratios in the cell sap are consistently higher in *A. aureum* compared to *L. racemosa* and *R. mangle* (2.5 against 1.2 and 1.5, respectively; table 3). The K/Na molar ratio based on total content per unit tissue dry weight is also higher in the fern (2.6) compared to typical mangroves (less than 0.5; table 4). These results indicate a difference in ion selectivity at the root level.

A book on the forested wetlands of the world (Lugo *et al.* 1990b) summarized the state of understanding of wetland ecology. Wetlands were regrouped into three functional categories believed to be responsive to hydroperiod, hydrologic energy, and nutrient level (fig. 3).

Table 3. Comparison of leaf morphological and osmotic characteristics of mangrove species from Cibuco River, Vega Baja, PR.

Species and salinity*	*Arostichum aureum*	*Laguncularia racemosa*	*Rhizophora mangle*
Specific leaf area (cm^2/g):			
Oligo-saline	86.4 ± 5.6	80.9 ± 6.6	63.2 ± 2.6
Saline	65.5 ± 1.6	54.2 ± 2.1	54.9 ± 1.7
Chloride (mol/m^3):			
Oligo-saline	249 ± 15	214 ± 52	332 ± 51
Saline	343 ± 36	457	423
Osmotic pressure (MPa at 25° C):			
Oligo-saline	1.94 ± 0.22	2.28 ± 0.06	2.83 ± 0.17
Saline	3.23 ± 1.40	3.55	4.05

Note: No. = three except where no standard deviation is given.
* Oligo-saline: 2-5 ppt; saline: 34 ppt.

Table 4. Comparison of *Acrostichum aureum* wih *Laguncularia racemosa* and *Rhizophora mangle* growing under similar conditions of interstitial soil salinity.

Species	Interstitial water salinity		Leaf sap osmolarity		Cl^-	NA^+	Cl^-/Na^+
	mmol/kg	π MPa	mmol/kg	π Mpa	(mol/m³)	(mol/m³)	
A. aureum	520	1.28	914	2.26	240	89	2.7
L. racemosa	520	1.28	1,138	2.81	490	269	1.8
R. mangle	520	1.28	1,422	3.51	461	434	1.1
A. aureum	565	1.39	989	2.44	279	121	2.3
L. racemosa	565	1.39	1,183	2.92	465	428	1.1
R. mangle	565	1.39	1,527	3.77	571	427	1.3
A. aureum	839	2.07	1,019	2.52	282	119	2.4
L. racemosa	839	2.07	1,243	3.07	561	354	1.6

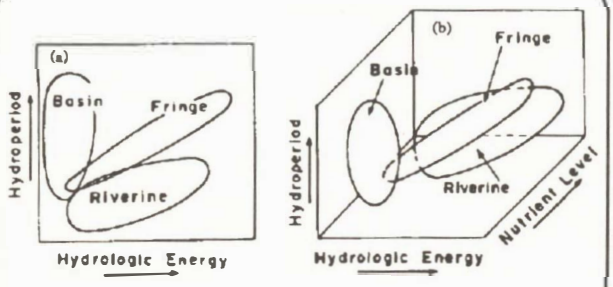

Figure 3. Distribution of three wetland types within the dimensions of hydrologic energy, hydroperiod, and nutrient richness. (a) Projection in two-dimensional space of hydroperiod and hydrologic flow. (b) Nutrient richness represents the third core factor.

CARBON CYCLE

Stand tables from forest inventories representing more than 22 million ha of forests in tropical Asia were used to estimate aboveground biomass (point and 99-percent confidence interval; Brown *et al.* 1990). The mean inventory-based biomass of moist forests (225 Mg/ha) was lower than that reported by direct measurements for mature forests in the same region (350 Mg/ha), whereas the mean inventory-based biomass for dry forests (82 Mg/ha) was higher than estimates based on direct measurements (55 Mg/ha). Our analyses demonstrated that human use of the forests in tropical Asia is intense, leading to degradation. Between two national forests inventories of Peninsular Malaysia in 1972 and 1981, the total area and biomass of forests declined by 18 and 28 percent, respectively (fig. 4). Modeling land-use changes and carbon dynamics of tropical Asian forests must take into consideration human impact on vegetation because such use of forests reduces their biomass and may stimulate forest growth and carbon uptake.

LITERATURE CITED

Brown, S., A.J.R. Gillespie, and A.E. Lugo. 1990. Biomass of tropical forests of south and Southeast Asia. Canadian Journal of Forest Research 21:111-117.

Lugo, A.E. 1990. Mangroves of the Pacific islands: research opportunities. General Technical Report PSW-118. Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, Berkeley, CA. 13 p.

Lugo, A.E., E. Cuevas, and M.J. Sánchez. 1990a. Nutrients and mass in litter and top soil of ten tropical tree plantations. Plant and Soil 125:263-280.

Lugo, A.E. and J.K. Francis. 1990. A comparison of 10 provenances of *Eucalyptus deglupta* and *E. urophylla* in Puerto Rico: growth and survival over 15 years. Commonwealth Forestry Review 69(2):157-171.

Lugo, A.E., M.M. Brinson, and S.Brown (editors). 1990b. Forested wetlands. Ecosystems of the world, volume 15. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. 527 p.

Medina, E., E. Cuevas, M. Popp, and A.E. Lugo. 1990. Soil salinity, sun exposure, and growth of *Acrostichum aureum*, the mangrove fern. Botanical Gazette.151(1):41-49.

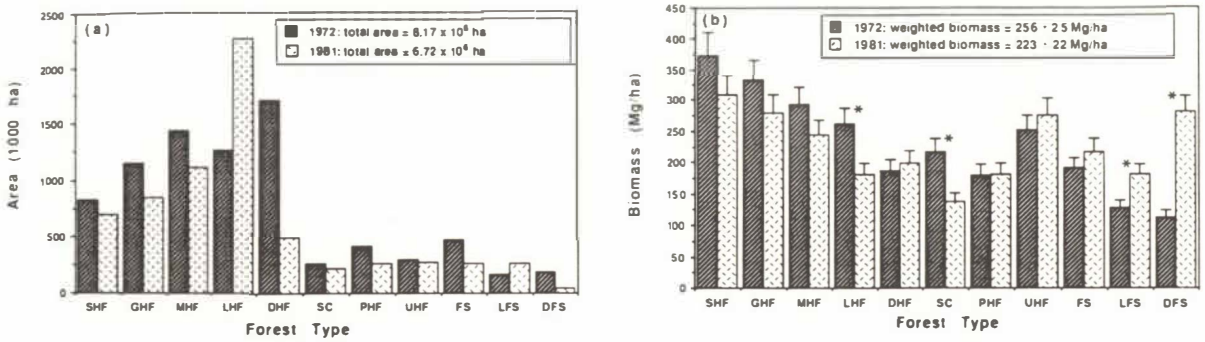

Figure 4. Change in (a) area and (b) biomass of tropical forests in Peninsular Malaysia between 1972 and 1981. Biomass values are the mean and 99 percent confidence interval. Significant differences in biomass during the 9-year interval are shown by asterisks, based on a 99 percent confidence interval. HF, hill forest; FS, freshwater swamp forest; S, superior; G, good; M, moderate; L, partially logged (since 1966); D, disturbed (all commercial species logged before 1966); P, poor; U, upper; and SC, shifting-cultivation forest (mixture of cleared plots, secondary forests, and patches and primary forest).

WATERSHED STUDIES

F.N. Scatena
Hydrologist

During the 1990-91 period, activities in the Bisley Experimental Watersheds included: continued monitoring of ecological, hydrological, and meteorological proprieties of the watersheds; sampling and monitoring the herbaceous vegetation and regeneration in the watersheds following Hurricane Hugo; and establishing phenology and life history studies to monitor vegetation recovery following the hurricane. In addition, several articles on the impacts of Hurricane Hugo were prepared for a special volume on hurricanes in "Biotropica."

Research on the land-use history of the Bisley area included completion of a University of Puerto Rico Master's thesis on the impacts of past charcoal production and selective harvesting within the drainages (García 1991, García and Scatena 1990, 1991). At the landscape level, disturbance by human activities was spatially and temporally variable. Shifts in the abundances of tabonuco (*Dacryodes excelsa*) and bullet tree (*Manilkara bidentata*) and the immigration of subcanopy crop plants are attributed to past coffee plantations and selective nonmechanized logging. Disturbance by charcoal production and logging operations that occurred nearly 50 years ago were reflected in the modern stand structure and composition. Basal areas of sites affected by charcoal production and selective harvesting had returned to levels found in undisturbed areas. However, stand density has not recovered since saplings and pole-sized trees were absent in areas affected by these disturbances. The palm, *Prestoea montana*, attained the highest densities in areas previously used to make charcoal.

The importance of stream research in the Luquillo Experimental Forest (LEF) was highlighted in a symposium on Long Term Ecological Research (LTER) at the Thirty-Ninth Annual Meeting of the North American Benthological Society in Santa Fe, NM. In addition to the overview paper presented at the special symposium (Scatena *et al.* 1991), eight posters and three talks presented original research from the LEF. These presentations discussed the importance of the riparian zone to nutrient cycles (McDowell and Bowden 1991), woody debris in stream channels (Covich and Crowl 1990, Johnson *et al.* 1991), and aquatic animal populations and food webs (Flecker and Pringle 1991, Buzby 1991, Covich *et al.* 1991, Pringle 1991, Ferrington *et al.* 1991, Masteller and Buzby 1991, Masteller *et al.* 1991).

In addition to scientific research, the Institute of Tropical Forestry (ITF) has continued to expand and improve the research infrastructure within the LEF. The trail system and laboratory facilities at the Bisley watersheds have been expanded and improved significantly. During this year, the ITF and the U.S. Geological Survey cooperated on connecting stream gages and climate stations in the forest to a satelite-based central communication system. Climatic and stream gaging stations are now operating at El Verde, Bisley, and the Icacos river. Cooperative agreements with the University of Pennsylvania in soil permeability, Johns Hopkins University in paleoecology, and Yale University in dwarf forest nutrient dynamics were also established.

LITERATURE CITED

Buzby, K. 1991. Aquatic insect response to a high flow event in two tropical streams. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

Covich, A.P., S.L. Johnson, D. Varza, and D.L. Certain. 1991. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

Covich, A.P. and T.A. Crowl. 1990. Effects of hurricane storm on transport of woody debris in a rain forest stream Experimental Forest, Puerto Rico. Proceedings of the international symposium on hydrology and fourth Caribbean islands water resources congress. San Juan, PR.

Ferrington, L.C., K. Buzby, and E.C. Masteller. 1991. Composition and temporal abundance of Chironomidae emergence from a tropical rainforest stream at El Verde, Puerto Rico. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

Flecker, A.S. and C.M. Pringle. 1991. Bioturbation as an important structuring mechanism in neotropical stream communities. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

García, Diana Montiel. 1991. The effect of human activity on the structure and composition of a tropical forest in Puerto Rico. Thesis for Master of Science in Biology. University of Puerto Rico, Río Piedras, PR. 81 p.

García, D. and F. Scatena. 1990. Impacto de la actividad humana sobre la composición y estructura de la vegetación en el bosque de la cuenca de Bisley, Bosque Experimental de Luquillo. Página 52 *en* V Congreso Latino-Americano de Botánica. Habana, Cuba.

García, D. and F. Scatena. 1991. Efectos de la actividad humana sobre la composición y estructura de la vegetación en el Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico. Página 25 *en* Primer Congreso Venezolano de Ecología.

Johnson, S.L., A.P. Covich, and D. Varz. 1991. Debris transport in a forested headwater stream, Puerto Rico, following disturbance. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

Masteller, E.C. and K. Buzby. 1991. Comparison of tropical and temperate latitude emergence patterns of aquatic insects. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

Masteller, E.C., O.S. Flint, and K. Buzby. 1991. Emergence patterns of caddisflies (Trichopera) in a Puerto Rican mountain stream. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

McDowell, W.H. and W.B. Bowden. 1991. Impact of Hurricane Hugo on stream and groundwater chemistry in a tropical rain forest. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

Pringle, C.M. 1991. Effects of shrimp on sedimentation, periphton and insect communities in a Puerto Rican stream. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

Scatena, F.N., A.P. Covich, K. Buzby, C. Pringle, and C. Asbury. 1991. Effects of disturbance on stream community structure and detrital processing in headwaters of the Luquillo mountains, Puerto Rico. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

SEED BANK IN SOILS OF BISLEY WATERSHEDS

Monica Naumann
ITF Intern 1991
Sao Paulo, Brazil

A preliminary analysis of the soil seed bank in Bisley watersheds was conducted under the advice of F.N. Scatena and with the collaboration of Carlos Estrada and Angel Colón. Work was conducted in June 1991.

Twenty soil samples from a 38.5-cm^2 area and a 15-cm depth were collected along two transects under use for other studies at Bisley. Each sample was placed in jars with sterilized sand in the bottom to facilitate drainage. Soil was crumbled and spread over the sand to facilitate seed germination.

Germination started within a week. After a month, and with the help of Alejo Estrada, we identified the following species: trees–*Cecropia peltata* and *Psychotria;* vines–*Mikania cordifolia* and *Ipomea indica;* monocotyledonous herb–*Scleria;* dicotyledonous herb–*Phytolacca sauvagesi,* and *Pilea.* Average germination was 50.15 plants per jar or 13,026 plants per square meter. The standard deviation was 29.95 among jars or 7,780 per square meter. Over 90 percent of the germination was accounted for by *Pilea.*

This pilot study raises questions about vegetation dynamics in Bisley and deserves followup in a more detailed study.

THE ROLE OF BELOWGROUND PROPERTIES IN NUTRIENT CONSERVATION FOLLOWING DISTURBANCE IN THE LUQUILLO EXPERIMENTAL FOREST

Whendee L. Silver
Yale School of Forestry and Environmental Studies

Two 32- by 32-m gaps were created in a lower montane subtropical wet forest in Puerto Rico to study the effects of disturbance on nutrient conservation mechanisms. Roots, soil, and regrowing vegetation were compared as sites for nutrient uptake and storage during the period immediately following the disturbance, when the system was most vulnerable to nutrient loss, and over the long term as vegetation reestablished. Changes in soil nutrient pools over time in the gaps resembled changes that occurred in the intact, uncut forest. Fine live root biomass did not begin to decrease significantly in the surface soils until 2 months following gap creation. In the gaps, there were no immediate effects on live root biomass from Hurricane Hugo, which struck the forest 2.5 months following the experimental harvest, although root biomass decreased and did not recover in both the gaps and the control forest for several months thereafter; this was probably related to climatic factors. Trench plots were used to determine the rate of root decomposition and associated nutrient loss in the gaps and the control forest. After 1 year, significant root biomass was still present in the soil. The relatively slow rate of root decomposition and nutrient loss, coupled with the rapid belowground and aboveground regeneration, functions as an important nutrient conservation mechanisms in this dynamic forest.

WILDLIFE RESEARCH IN THREE FOREST TYPES

Wayne J. Arendt
Wildlife Biologist

My research continues at the population and species levels to determine the effects of major habitat disturbances on forest birds within the Luquillo Experimental Forest (LEF) caused by Hurricane Hugo in 1989.

POPULATION RESPONSES OF FOREST BIRDS IN HURRICANE-DAMAGED HABITAT

Frugivorous and Nectarivorous Birds

All forest birds are either directly or indirectly dependent upon forest vegetation for their survival. The life cycles and survival of frugivorous and nectarivorous species are directly linked to the reproductive cycles of forest plants. Populations of fruit- and nectar-eating birds are known to decline following major habitat disturbances caused by natural disasters such as droughts and hurricanes (see Wunderle in this volume). Two years following Hurricane Hugo, populations of the LEF's frugivorous and nectarivorous species show a varied response among three major forest types (fig. 1). Frugivores have recovered well and are reproducing in colorado and dwarf forests. The low numbers of stripe-headed tanagers and virtual absence of the Puerto Rican bullfinch in the colorado forest (fig. 1a) reflect heavy depredation and competition with an over abundant avian predator *Margarops fuscatus* population in the area. Although frugivores are breeding in the mixed-species woodlot (fig. 1a), their numbers remain low because of the slow vegetative regeneration taking place. Vegetation at the mixed-species woodlot study site suffered major damage.

The LEF's three nectarivorous species prefer different habitats. Thus, populations of each species vary greatly among the three sampled forest types. Although each species shows signs of breeding in its preferred habitat (fig. 1b), populations of nectarivores remain low in the mixed-species woodlot and dwarf forest, both of which suffered extensive hurricane damage.

Insectivorous Birds

Unlike fruit- and nectar-eating birds, many insectivores survive and reproduce after major habitat disturbances by sustaining themselves on predatory and phytophagous insects. Many insect populations soar immediately following major habitat disturbances in response to the surge of vegetative regeneration. As with forest nectarivores, different species of flying and gleaning insectivores prefer different habitats. Thus, various species within each of the LEF's two insectivorous foraging guilds are discernibly absent among the three forest types (fig. 2). Still, populations of both flying and gleaning insectivores have maintained themselves within the first 2 years following hurricane damage (fig. 2). Although there are "spikes" within all six graphs corresponding to breeding periods (see below), populations of flying and gleaning insectivores are more stable year-round, showing considerably less extreme fluctuations than those of the frugivores and nectarivores (fig. 1).

Avian Tramps and North American Migrant Birds

Populations of the LEF's three avian generalists with superior colonizing abilities; i.e., bananaquit, red-legged thrush, and pearly-eyed thrasher, have responded as Jared Diamond's "avian tramp" theory predicts. Each species has recovered its numbers, has maintained populations, and is reproducing in its preferred habitat(s) (fig. 3a). More important, tramp theory predicts that super-tramps; e.g., the pearly-eyed thrasher, although able to invade species-rich habitats after major disturbances, will be extirpated as the postdisturbance, avian community re-forms. An excellent example of this phenomenon is shown at the mixed-species woodlot study site (fig. 3a). Pearly-eyed thrashers were observed in the severely damaged woodlot study area the day following Hugo. Their numbers peaked in November 1989, a period when insects were noticeably numerous in the area, in response to widespread vegetational regrowth. By February 1990, however, the thrasher disappeared from the area as other species returned in large numbers. Not a single pearly-eyed thrasher has been detected in the study area within the last 1.5 years.

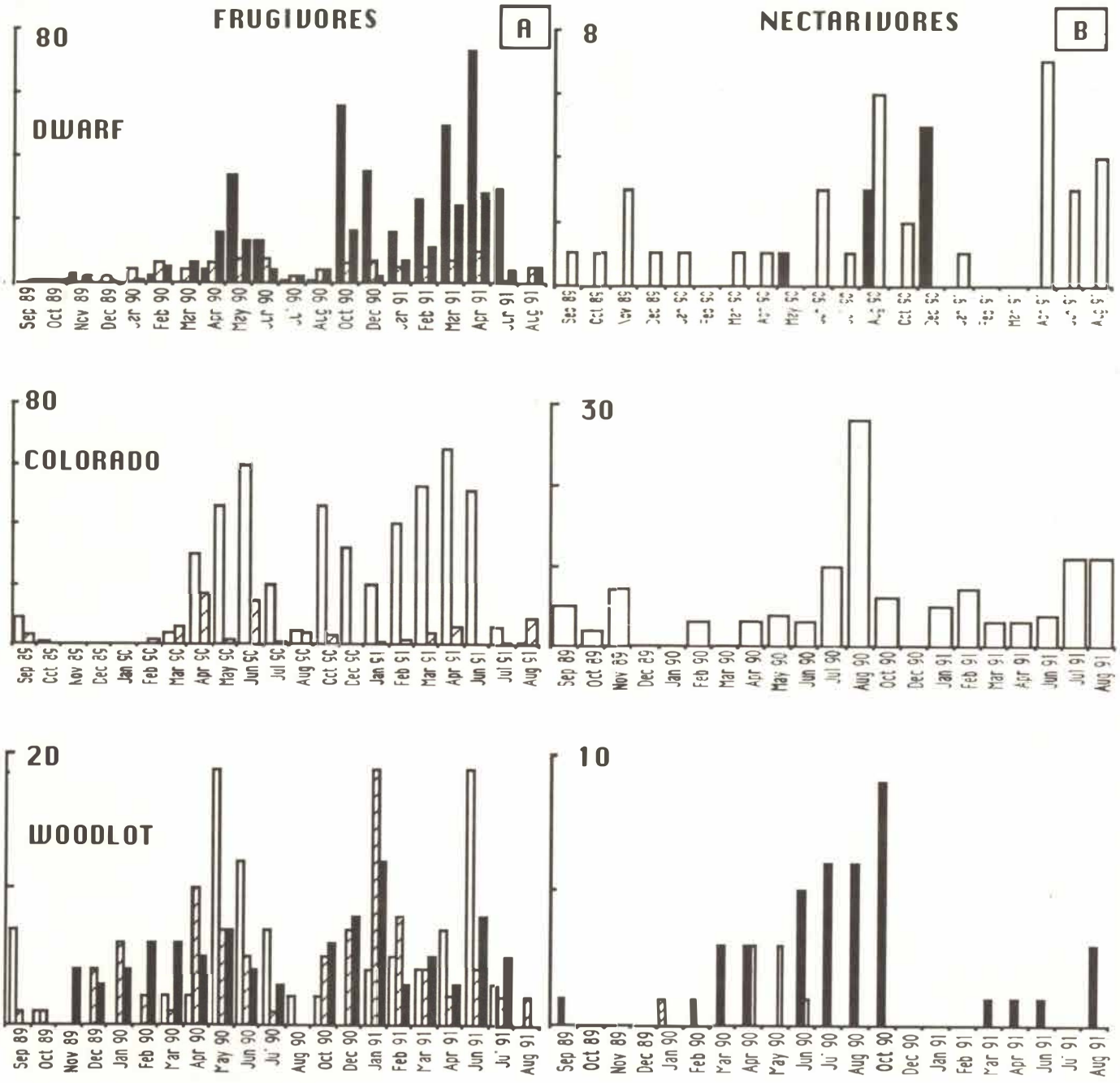

Figure 1. Response of frugivorous and nectarivorous bird populations to Hurricane Hugo within three major forest types within the Luquillo Experimental Forest. Numbers are total number of individuals detected during monthly point-counts.

A

- Puerto Rican Bullfinch
- Scaly-naped Pigeon
- Stripe-headed Tanager

B

- Green Mango
- Puerto Rican Emerald
- Antillean Mango

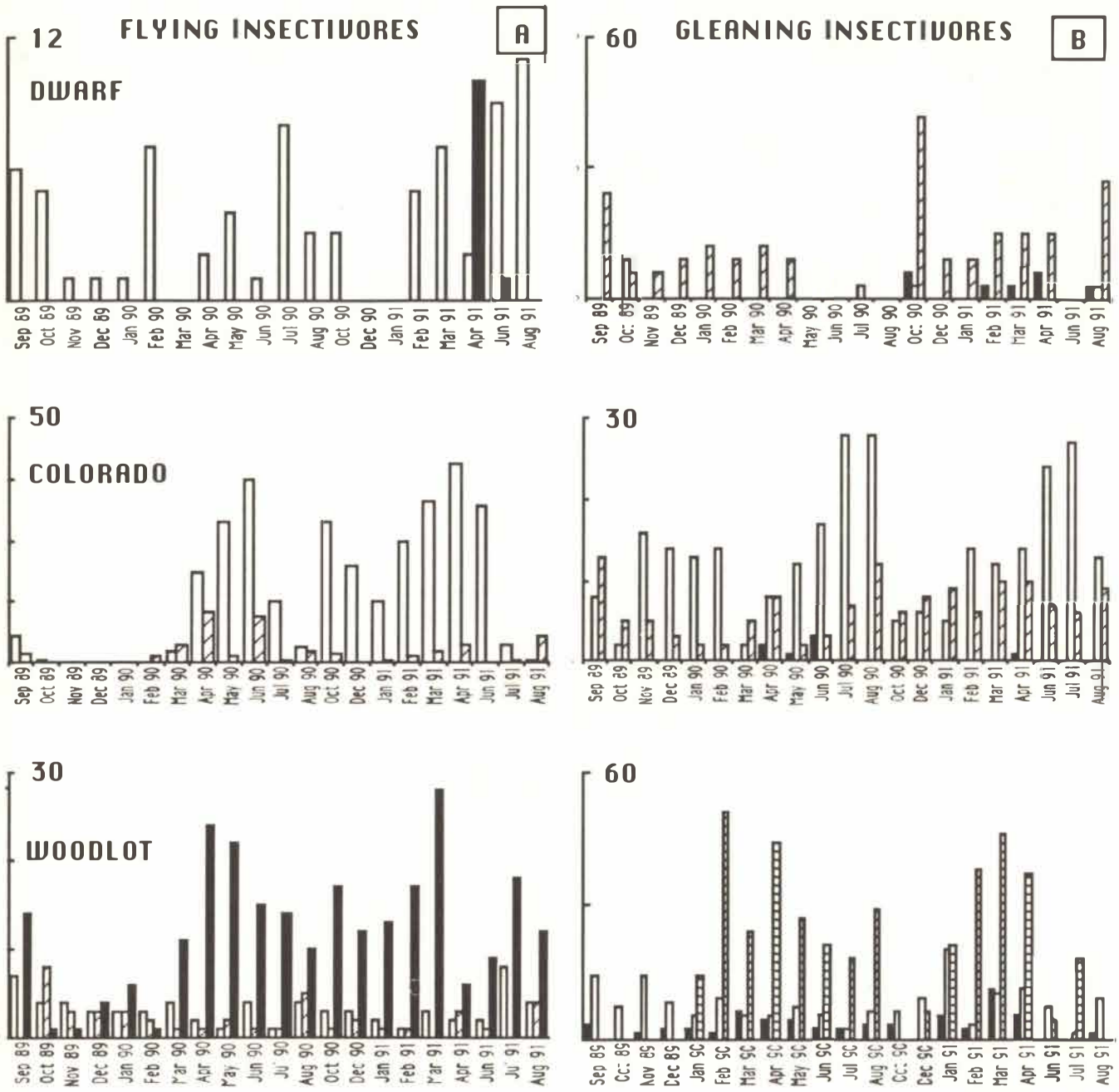

Figure 2. Response of flying and gleaning insectivorous bird populations to Hurricane Hugo within three major forest types within the Luquillo Experimental Forest. Numbers are total number of individuals detected during monthly point-counts.

A

- Gray Kingbird
- Puerto Rican Tody
- Puerto Rican Flycatcher

B

- Puerto Rican Lizard-Cuckoo
- Puerto Rican Woodpecker
- Elfin Woods Warbler
- Black-whiskered Vireo

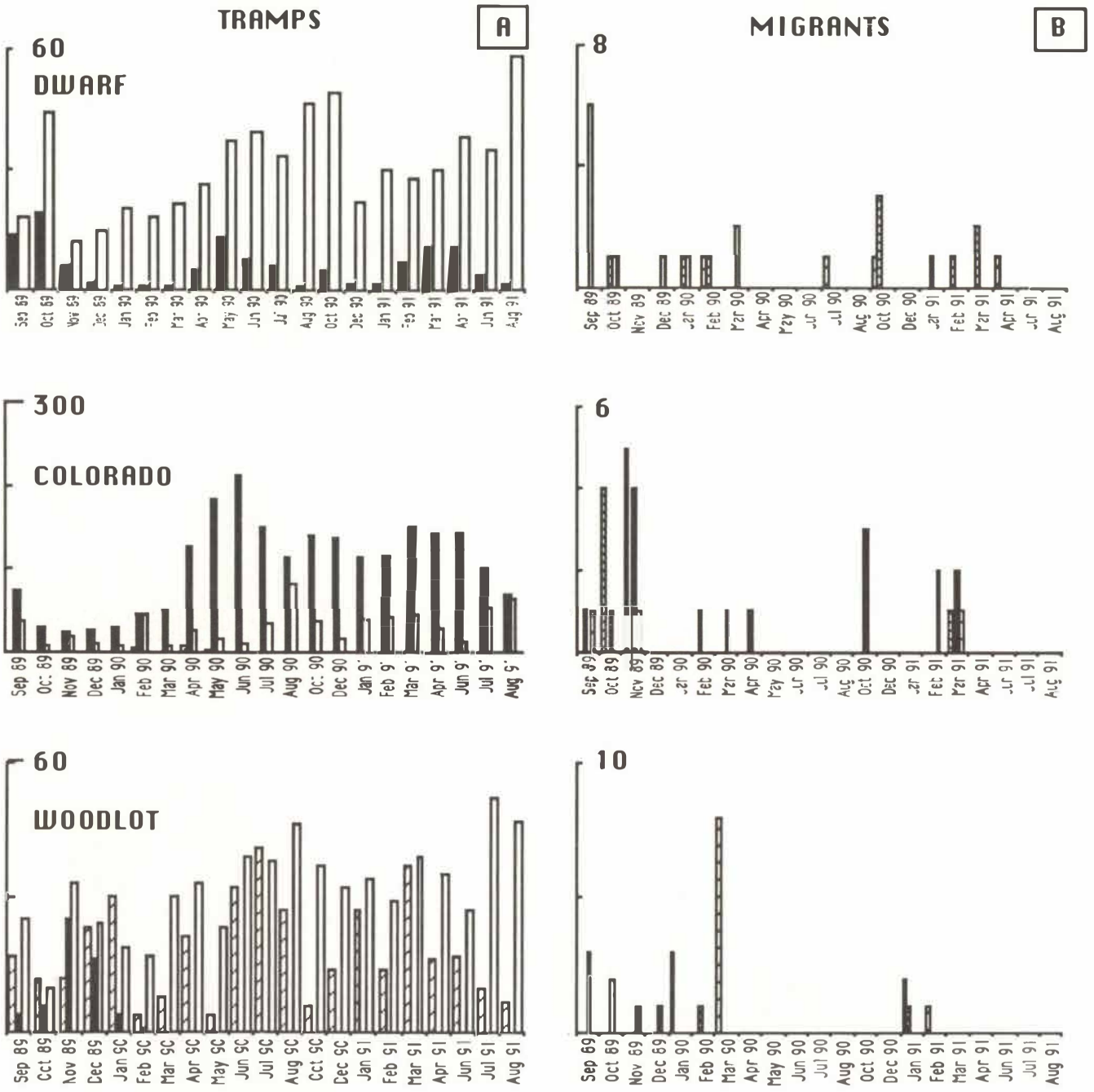

Figure 3. Response of avian tramps and North American migrants to Hurricane Hugo within three major forest types within the Luquillo Experimental Forest. Numbers are total number of individuals detected during monthly point-counts.

A

- Pearly-eyed Thrasher
- Bananaquit
- Red-legged Thrush

B

- American Redstart
- Black-and-white Warbler
- Northern Parula
- Black-throated Blue Warbler

In contrast to the LEF's resident insectivores, populations of the migrant northern parula remain low in all three sampled forest types (fig. 3b). Monitoring of migrant bird populations will continue in all major forest types of the LEF.

Individual Avian Species Research

Used alone, avian population census methods, such as monthly point-counts, serve merely as an index, or qualitative measure, used by wildlife managers to detect, track, and respond to potentially dangerous fluctuations in forest bird populations. However, used in conjunction with the often more quantitative information gleaned from life-history studies of single species, population census data can be used to divulge more useful and insightful information about the life cycles and ecologies of many species simultaneously. For example, close study of the reproductive cycles of pearly-eyed thrashers and red-legged thrushes in the LEF prior to and following major habitat destruction caused by Hurricane Hugo showed that during the first (1990) breeding season following disturbance, both species compressed their normal 6- to 9-month breeding seasons (thrush and thrasher, respectively) into 3 to 4 months, with the thrasher delaying breeding up to 6 months. Analysis of thrush and thrasher point-count data using singing birds only (excluding individuals observed or calling) revealed that the months when thrushes and thrashers were singing corresponded closely to the delineation of the species' reproductive periods confirmed by nesting studies. A review of figures 1 to 3 (all birds observed, including singing individuals) shows that many forest bird species bred in the first reproductive season following Hugo and, more important, most species' reproductive seasons were compressed in 1990, but expanded again in 1991, suggesting that food and other resources became more accessible over a longer period during the second year following disturbance. In addition, analysis of point-count data using singing birds only disclosed a second breeding attempt for many forest bird species. This second reproductive bout occurred from about August 1990 to the end of the year in most species and onward into 1991 in some species (e.g., thrasher). Once again, nesting studies confirmed the second reproductive bout in the thrush and thrasher.

WILDLIFE RESEARCH

Joseph W. Wunderle, Jr.
Research Wildlife Biologist

During the past year, two long-term studies were continued and different aspects of two wildlife projects were completed. We have continued our long-term phenology studies of plants that produce fruits and seeds used by the endangered Puerto Rican parrot (now in its fifth year), and a study on habitat use and population biology of the black-throated blue warbler overwintering in Puerto Rico (now in its third year). We have completed the field work and preliminary analysis of the impact of Hurricane Hugo on bird populations and a major review of age-specific foraging proficiency in birds as summarized below.

THE EFFECT OF HURRICANE HUGO ON BIRD POPULATIONS IN A PUERTO RICAN RAIN FOREST: THE FIRST YEAR AND A HALF

As summarized in last year's annual letter, Hurricane Hugo caused substantial damage to the canopy and understory of the tabonuco forest of the Luquillo Experimental Forest. Bird populations were sampled at 2 to 3 week intervals by mist nets, starting 2 weeks after the passage of Hugo, continuing for 1 1/2 years, and terminated in April 1991. These results were compared with a baseline netting study completed before the hurricane (fig. 1). Bird captures were initially higher after than before the hurricane, but then declined to baseline levels 50 days after the storm. Bird captures reached their highest levels at 120 days after the storm, corresponding with fruit production in old treefall gaps. By 200 days after the storm, bird captures returned to prehurricane baseline levels, as fruit production declined in pre-existing gaps and major refoliation enabled many species to move above the nets to forage in the remnant canopy. However, the pattern of population change differed among species. For example, a major decrease was observed in one species (ruddy quail dove); four species increased (pearly-eyed thrasher, black-faced grassquit, Puerto Rican bullfinch, red-legged thrush); five species showed an initial increase followed by a decrease to previous population levels (Puerto Rican tanager, Puerto Rican tody, black-whiskered vireo, northern parula, black-throated blue warbler); and the remaining species showed no consistent pattern. Thus it appears that most hurricane-induced wandering or nomadism occurred within 200 days following the storm, after which birds appeared to respond to succession changes in the plant community.

Our recent hurricane impact studies in various Caribbean islands have enabled us to identify the terrestrial bird populations and habitats at most risk to hurricanes (Haney *et al.* 1991, Ackerman *et al.* 1991). For example, montane bird populations are

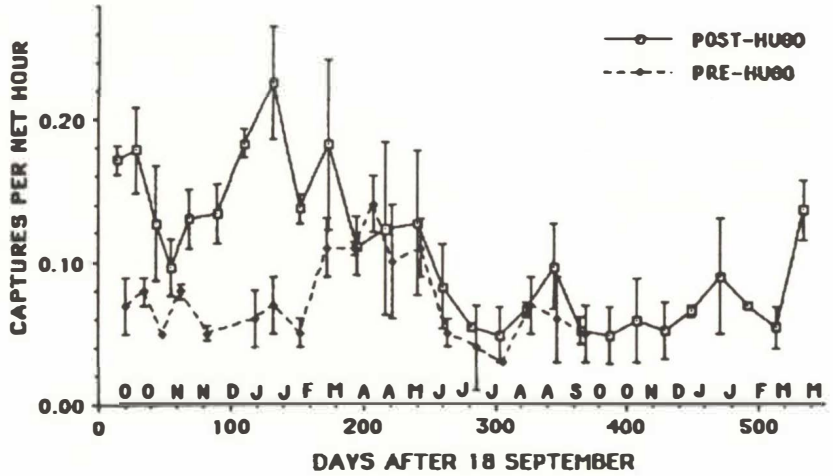

Figure 1. Mist net captures of birds in the El Verde rain forest before and after Hurricane Hugo, which struck the forest on September 18, 1989. Each point represents the mean captures per net hour for a 2-day netting interval (from sunrise to sunset) and the error bars represent one standard error. Prehurricane baseline study ran from October 1983 to September 1984. In both prehurricane and post hurricane netting studies, 1,812-m nets were placed in the same locations.

more likely to decrease than lowland populations. Montane population decreases are most likely in nectarivores and fruit/seed eaters, and less likely in insectivores. The fact that avian population decreases are related to diet indicates that a hurricane's greatest stress occurs after its passage, rather than during its impact. Population increases in some lowland habitats following hurricanes can be attributed to increased wandering, migration, or the presence of canopy dwellers at ground level. Because vegetation recovers fastest in the lowlands and areas of young second growth, many birds congregate there shortly after the storm.

These findings have major implications for wildlife conservation in hurricane zones (Wunderle *et al.* 1991). For instance, effective montane reserves require corridors to the lowlands and lowland forest reserves to which montane nectarivores and fruit/seed eaters can migrate after hurricanes. Lowland forest reserves are essential as refugia for the survival of many montane dwellers following a hurricane. Because rapid vegetative recovery in lowland vegetation and young second growth patches allow relatively quick flower and fruit production, these sites are important for poststorm survival of many wildlife species in Caribbean forests.

AGE-SPECIFIC FORAGING PROFICIENCY IN BIRDS

The fact that most birds exhibit high mortality during the juvenile period suggests that this is a critical time in their life history. Much juvenile mortality may be attributed to a lack of proficiency in some aspect of behavior, particularly foraging behavior. In a major literature review of age-specific foraging proficiency in birds (Wunderle 1991), I found that in over 60 different species, juveniles were less proficient foragers than adults and that juveniles used a variety of different strategies to compensate for this lack of proficiency. Juveniles were found to be less proficient than adults at any or all stages of the foraging sequence–selection of foraging sites, search patterns, recognition and selection of food, and capture and handling techniques. Sometimes juveniles compensate for their inept foraging skills and differ from adults by foraging in different sites, selecting different sizes and types of food, using different capture methods, resorting to piracy, and/or joining feeding groups. Despite juvenile "efforts" to compensate for their lack of foraging proficiency, juveniles displayed relatively high mortality rates and many delayed breeding, often for several years.

It is likely that much of the mortality sustained in the wild Puerto Rican parrot population after the passage of Hurricane Hugo can be attributed to the lack of foraging proficiency by juvenile parrots. The absence of fruits and seeds following the storm may have had a disproportionate effect on the less proficient foragers, thereby increasing their risk of starvation and exposure to predators. If we knew more about the strategies used by juvenile parrots to compensate for their lack of foraging proficiency, we could develop management strategies to reduce the impact of hurricane-induced food shortages on endangered species.

Understanding the development of foraging behavior is also a critical issue for successful release of captive-reared endangered species, such as the Puerto Rican parrot. By knowing the age at which juveniles obtain adult levels of foraging proficiency, managers can determine the optimal age for release of captive-reared animals. Finally, knowledge of how juveniles obtain adult levels of proficiency may enable managers to develop training programs to aid captive animals obtain the foraging skills of their wild counterparts.

LITERATURE CITED

Ackerman, J.D., L.R.Walker, F.N. Scatena, and J.M.Wunderle. 1991. Ecological effects of hurricanes. Bulletin Ecological Society of America 72:178-180.

Haney, J.C., J.M.Wunderle, Jr., and W.J.Arendt. 1991. Some initial effects of Hurricane Hugo on endangered and endemic species of West Indian birds. American Birds 45:(2):234-236.

Wunderle, J.M. 1991. Age specific foraging proficiency in birds. Current Ornitology 8:273-324.

Wunderle, J.M., R.B. Waide, and D.J. Lodge. 1991. Hurricanes and Caribbean birdlife: implications for conservation. Published abstract, congress on conservation of Caribbean biodiversity. Santo Domingo, Dominican Republic.

ADVANCED TECHNOLOGY APPLICATIONS AT THE INSTITUTE OF TROPICAL FORESTRY

A.J.R. Gillespie
Biometrician

The Institute of Tropical Forestry (ITF) made several advances in the use of modern technology for forest research applications.

The Hurricane Hugo inventory crews were trained in the use of field data recorders, hand-held computers which are used to enter data in the field. These devices can be programmed in a variety of programming languages; we used BASIC in our field operations. In addition to accepting data in the field, field data recorders can be programmed to perform real-time error-checking of the data, and can exchange data and programs with existing ITF DOS-based computers. The recorders were successfully used under a variety of wet, hot, and muddy conditions. This technology is fully ready for transfer to interested users in the tropics.

The ITF has acquired a Geographic Information System (GIS). The system includes PC-DOS versions of ARC/INFO and ERDAS, running on a portable IBM PS/70. The system was designed to be portable so that it could be transported for cooperative work and demonstrations. We have a digitizer tablet and a large color monitor in the office for sedentary projects. This system will be used over the next few years for a variety of research projects in Puerto Rico, Brazil, and possibly other areas. In addition, we plan to acquire SPANS spatial modelling software under a cooperative arrangement with the University of Puerto Rico. The analysis capabilities of these systems are being augmented by the acquisition of two public domain spatial analysis packages: SpaceStat from the University of Santa Barbara and Geo-EAS from the U.S. Environmental Protection Agency.

Finally, the ITF computer network has been enhanced by the acquisition of several more DOS and Macintosh computers, by the construction of a printer network allowing us to share laser printers, and by the extension of our cooperative agreement with the University of Puerto Rico allowing us access to their VAX mainframe, which among other things gives us access to INTERNET and BITNET communications.

GLOBAL POSITIONING SYSTEM OPERATION IN A MOIST TROPICAL FOREST

Gilbert Rochon
Assistant Professor and Director
Remote Sensing and Geographic
Information Systems (GIS) Laboratory
Dillard University

As a result of a developing relationship between the USDA Forest Service and Dillard University, a historically black university founded in New Orleans in 1869, students, faculty, and staff members from Dillard are working with units of the Southern Forest Experiment Station. I have been appointed a Faculty Research Fellow at the Institute of Tropical Forestry (ITF) in Río Piedras, PR, and granted a leave from Dillard University and from my joint appointment with NASA's John C. Stennis Space Center in order to participate in this activity.

Last summer, we tested dual Trimble Pathfinder Global Positioning Systems (GPS), loaned by NASA-Stennis and by the Forest Inventory Unit in Starkville, MS, to obtain georeference points for the Luquillo Experimental Forest (the Caribbean National Forest), the Guánica Biosphere Reserve, the Maricao State Forest, and the Susua State Forest, all in Puerto Rico. Dr. William Cibula of NASA-Stennis, and the ITF staff are collaborating in this effort.

The ultimate objective of the global positioning is the installation of a Geographical Information System (GIS) workstation at ITF and subsequent development of a spatial database with imagery from multiple remote sensing platforms, integrated with surface data collected by Forest Service staff and by collaborating researchers. It is anticipated that the new GIS capabilities will significantly enhance interdisciplinary research related to the National Science Foundation supported Long Term Ecological Research sites and other ecologically vulnerable zones in tropical forests in this region.

POST-HUGO PLOT REMEASUREMENT

A.J.R. Gillespie, S. Molina, and S. Alemañy,
Mathematical Statistician, Research Forester, and Botanist

The areas of the Luquillo Experimental Forest affected by Hurricane Hugo in 1989 included four sets of permanent plots established and maintained by ITF over the past 50 years. The large degree of damage occurring over such a large area of the forest provided an opportunity to study the geographical variation of hurricane damage to a tropical forest. We, therefore, implemented a program of relocating, remeasuring, and remonumenting these plots in 1990-91. Our objectives were: (1) to assess the impacts of Hugo on the forest; (2) to determine growth, yield, and mortality which had occurred prior to Hugo in 1989; and (3) to monument the plots so that they could be relocated for future work.

This project involved the hiring, equipping, and training of four three-person crews, writing of field manuals, developing of software for data analysis and manipulation, and day-to-day supervising of field operations. Field crews were trained in basic forest measurements, including use of several quantitative assessments for hurricane damage. The crews were successful in completing approximately 250 plots, or nearly 10,000 trees.

We assessed hurricane damage using a six-class system: (1) no damage, (2) defoliation, (3) loss of small branches, (4) loss of large branches, (5) trunk snap, or (6) uprooting. We classified each tree according to the worst type of damage incurred. Preliminary analysis of one data set (Sabana 8) indicates that: (1) most trees that had no damage were small (d.b.h. < 20 cm); (2) loss of small branches and large branches was approximately equally common (20 to 40 percent of stems) for all trees up to 65 cm in d.b.h.; (3) trees above 70 cm in d.b.h. nearly all sustained loss of large branches, but nothing more severe; (4) uprooting affected approximately 10 percent to 20 percent of stems up to 70 cm in d.b.h.; and (5) trunk snapping was the rarest damage, affecting 5 percent to 10 percent of stems up to 55 cm in d.b.h. (fig. 1).

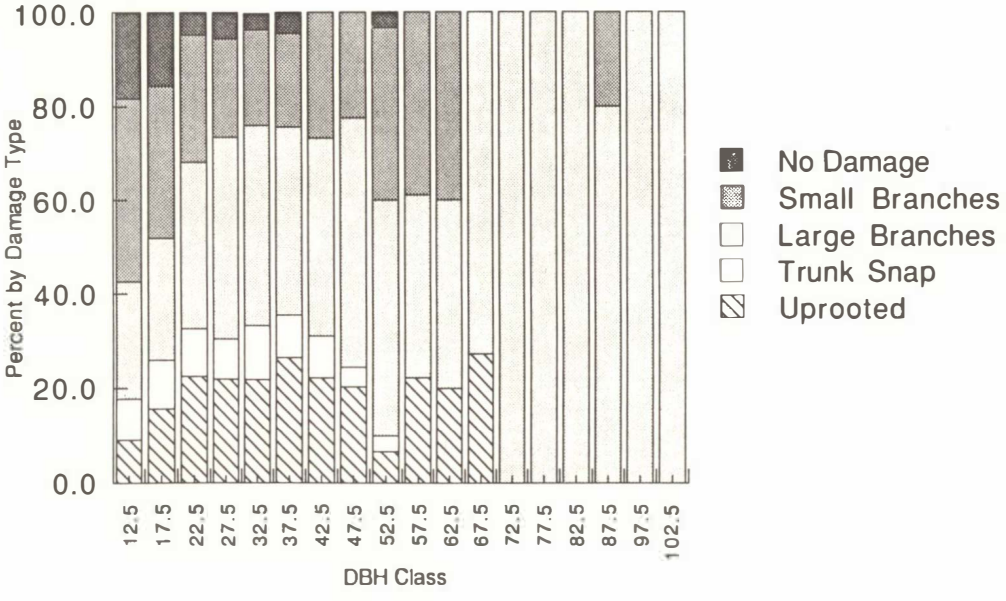

Figure 1. Damage type by diameter class, Luquillo Experimental Forest, PR, after Hurricane Hugo.

PARROT RESEARCH

Marcia H. Wilson
U.S. Fish and Wildlife Service
Patuxent Wildlife Research Center

WILD FLOCK: PUERTO RICAN PARROT PRODUCTIVITY AND POPULATION

In 1991, with additional manpower and special funding for parrot recovery, the wild Puerto Rican parrot flock produced a 23-year record of six successful nests. Recovery of the parrot since Hurricane Hugo has surpassed productivity of previous years in several other areas; e.g., the first nest recorded in an improved cavity and one found in a previously unreported tree species, "tabonuco" (*Dacryodes excelsa*).

Biologists from the USDA Forest Service and the Fish and Wildlife Service censused 22 to 23 Puerto Rican parrots before the breeding season (October 1990). The population had increased to 30 birds by the next summer (September 1991). Six nesting pairs produced 20 eggs. However, only 10 eggs hatched. Two chicks developed poorly and died. All but one of the eight surviving chicks fledged successfully. One chick fell from a modified plastic polyvinyl chloride (PVC) nest structure, but recovered after being taken to the Luquillo aviary and placed with the captive flock.

RECOGNITION OF INDIVIDUAL PARROTS BY ANALYSIS OF VOCALIZATIONS

Individual recognition based on vocalizations has been demonstrated with several avian colonial nesters. Based on general observations, playback experiments, and examination of the structure of the most common call used by the short-billed white-tailed black cockatoo, Saunders (1983) demonstrated that it was possible to identify individual breeding cockatoos by a call note. Likewise, Snyder *et al.* (1987) suggested that it is likely Puerto Rican parrots can recognize each other on the basis of vocalizations. Thus, the objective of this research is to determine if the identity of wild Puerto Rican parrots can be confirmed based on voice analysis.

Vocalizations of seven known breeding pairs of wild parrots were recorded throughout the 1987-91 breeding seasons (January through July). Identification was based on morphological features and leg bands. All parrot vocalizations made in the nest areas were recorded from concealed blinds. Sonographs will be analyzed to distinguish differences in vocalization structure and in syntax of solo as well as duet sequences. Preliminary results, based on visual inspection, have shown definite differences in vocalization types among breeding parrots from the western and eastern sides of the Luquillo Mountains. Detailed analysis is currently underway.

LITERATURE CITED

Saunders, D.A. 1983 . Vocal repertoire and individual vocal recognition in the short-billed white-tailed black cockatoo, *Calyptorhynchus funereus latirostris* Caraby. Australian Wildlife Research 10:527-536.

Snyder, N.F.R., J.W. Wiley, and C.B. Kepler. 1987. The parrots of Luquillo: natural history and conservation of the Puerto Rican Parrot. Western Foundation Vertebrate Zoology. 384 p.

ECOSYSTEM DYNAMICS ON A LANDSLIDE CHRONOSEQUENCE IN THE LUQUILLO EXPERIMENTAL FOREST

Dan Zarin and Art Johnson
Department of Biology
University of Pennsylvania

Over 400 soil samples representing more than 150 profiles have been collected from 22 sites along a chronosequence of landslide scars in the Luquillo Experimental Forest. Sites are located in the colorado forest elevation zone (600 to 800 m) and are underlain by the Río Blanco Stock, a Tertiary, quartz-diorite intrusion. Landslide ages are based on aerial photo interpretation by the United States Geological Survey (USGS) and on extensive field work. The sites are grouped into six classes: 1986-91, 1972-79, 1951-64, pre-1936, older slides, and mature forest sites located on less steep terrain adjacent to the landslides. Where present, leaf litter and rootmats were collected for each profile. A single 50- by 50-cm soil pit was located in the center of each site, and soil depths 0 to 10 cm, 10 to 35 cm, and 35 to 60 cm were quantitatively sampled. Six additional sample points were located within each site, using a stratified random technique. Surface soils were collected quantitatively at each of these points, and subsoil samples were collected by coring. Trees greater than 10 cm d.b.h. were identified, measured, and tagged on all sites.

Processing of samples is ongoing. Our current program is geared toward determining changes with time, with interdependence, and with variability of the following parameters:

1. Nutrient status, including total nutrients in biomass and mineral soil, and "plant-available" soil nutrients.

2. Aboveground and belowground biomass and organic carbon accumulation, including soil organic matter.

3. Soil structure, including density, texture, and macroporosity.

PARROT MANAGEMENT: WILD FLOCK

Francisco J. Vilella
U.S. Fish and Wildlife Service
Puerto Rican Parrot Field Office

PUERTO RICAN PARROT WILD POPULATION NEST MANAGEMENT PROGRAM

The 1991 parrot breeding season was a particularly strenuous, yet a satisfying one. Eight people were involved in fieldwork related to the management of the parrot wild flock, four project personnel and four volunteers recruited from the Student Conservation Association program. Between 1 January and 10 August, 10,240 hours were spent in the field managing and monitoring six parrot nests. This year was particularly notorious in setting precedents for the project. The six successful nests constitute a 23-year record. Since the onset of conservation efforts in 1968, no more than four nests had been successful in producing chicks in any given year. Four of the six nests were in cavities and/or areas of the forest not used prior to this year. Two of the four nests were in cavity trees improved during 1990 by the USDA Forest Service wildlife biologists from the Caribbean National Forest. There had never been a record of parrots responding to habitat improvement in an area of no previous use. Of the remaining two nests, one was a first-ever record of parrots nesting in a tabonuco tree. The nest occurred in a completely natural cavity, of particular interest for several reasons: (1) the tree species involved, (2) the cavity height and structure, (3) the uncommonly low elevation (381 m), and (4) the fact that the parrots had nested in a transitional forest type. This year, 20 eggs were produced, but only 10 hatched. Of the 10 hatchlings, 2 developed poorly and died. All but one of the remaining eight nestlings fledged successfully into the wild. One nestling was placed in the Luquillo aviary after a series of premature fledging attempts. Unfortunately, no captive-produced chicks were available for fostering into wild nests this year. However, seven natural fledglings is above average for wild nests during the last 4 years (1987-90).

A number of novel management techniques were implemented this year. The observation blinds have been completely modified and made less intrusive through the use of better camouflaged material and one-way glass windows. The methodology for censusing parrots has also been modified, with the reimplementation of a discarded census method, which relies on having the observer man the same canopy-level platform during evening surveys, followed by morning observations at the same location. This method increases precision and sample size, yet relies on having a consistent number of trained observers. Finally, we were able to obtain the cooperation from private industry in Puerto Rico. Donations have included colored, electroplated steel leg bands. We have begun to individually mark parrot chicks using two-band color combinations.

HOME RANGE AND MOVEMENTS OF JUVENILE PUERTO RICAN PARROTS

Wayne J. Arendt
Wildlife Biologist

Results of radio-telemetry studies conducted by the USDA Forest Service and the Fish and Wildlife Service biologists (Lindsey *et al.* 1991, see Lindsey and Arendt 1991 for results of a telemetry "techniques" study) during the 1985-87 parrot breeding seasons have shown that juvenile parrots restrict their movements to nest valleys 1 to 2 months following fledging. After joining adult flocks, juveniles and adults routinely fly between the eastern and western slopes of the Luquillo Mountains, but no seasonal pattern of movement has yet been observed. Captive-raised, juvenile parrots used in release programs should be at least 5 months old to ensure that they are mature enough to integrate into wild flocks.

LITERATURE CITED

Lindsey, G.D. and W.J. Arendt. 1991. Radio-tracking Puerto Rican parrots: assessing triangulation accuracy in subtropical rain forest. Caribbean Journal of Science 27:46-53.

Lindsey, G.D., W.J. Arendt, J. Kalina, and G.W. Pendleton. 1991. Home range and movements of juvenile Puerto Rican Parrots. Journal of Wildlife Management 55:318-322.

PARROT MANAGEMENT: CAPTIVE FLOCK

Teri Sorenson
Aviculturist

HIGHLIGHTS OF THE 1991 BREEDING SEASON

The current captive inventory of Puerto Rican parrots at the Luquillo aviary stands at 63 (24 adult males, 23 adult females, and 16 unsexed individuals). These include six chicks produced and successfully fledged during the 1991 breeding season. This year, seven pairs produced eggs, four pairs produced fertile eggs, and three pairs incubated their own eggs and fledged chicks. Three chicks from two nests required assistance during hatching (the three chicks hatched from second- and third-laid eggs in one nest, and the third-laid egg in another nest). All three chicks hatched successfully and were returned to their respective nests.

The Luquillo aviary was involved in resolving emergencies at two parrot nests in the wild this year. On April 26, the oldest chick from the south fork 1 nest was brought to the aviary in a weakened, critical condition. It was dehydrated, 40 to 50 g underweight, and infested with botfly larvae. The younger sibling from the same nest had died on April 19 in a similar but more depleted condition. Furuncles harboring 18 larvae were found and treated over the following 12 days. The south fork chick fully recovered and was hand-reared to the fledging-weaning stage. It is now a healthy member of the captive flock. On July 31, the younger of two chicks from the new east mountain nest was brought to the aviary, also severely underdeveloped and under nourished. The chick, at 44 days, had the weight (85 g) and general development of a 17-day-old chick, whereas in comparison, its sibling had developed normally, weighing 320 g on the same date. Despite all of our efforts; e.g., 24-hr monitoring and intensive care over the next 5 days, the chick's condition continued to deteriorate until its death on August 5. The chick was sent to the National Wildlife Health Lab in Madison, Wisconsin, where a necropsy was performed, the results of which are pending.

The aviary staff is involved with postbreeding season projects to upgrade aviary facilities. Projects are also underway in preparation for the 1992 breeding season. We plan to have all parrot breeding pairs set up for the 1992 breeding season by December 1, 1991.

On November 3, 1990, the recently built Río Abajo Aviary received a small "sentry" flock of Hispañiolan parrots (*Amazona ventralis*) from Luquillo aviary stock. Breeding pairs were formed prior to the onset of the 1991 reproductive season. The current captive inventory at the Río Abajo Aviary stands at 32, of which 26 are adults and 6 are chicks that successfully fledged in 1991. There are plans to transfer 12 Puerto Rican parrots (6 of each sex) for breeding purposes prior to the onset of the 1992 parrot reproductive season.

CAPTURING AND MARKING TECHNIQUES FOR THE RECOVERY OF THE PUERTO RICAN PARROT

J. Michael Meyers
Research Wildlife Biologist
U.S. Fish and Wildlife Service
Patuxent Wildlife Research Center
Puerto Rico Research Group

The main objectives of our research were to determine a safe, efficient method of capturing and marking Puerto Rican parrots (for field identification) and to test new radio-marking transmitters capable of operating for more than 1 year. To accomplish these objectives, we conducted research at the Tropical Agriculture Research Station in Mayagüez; at Central Aguirre; and at "El Faro", Fajardo, Puerto Rico. Three surrogate species, the red-crowned parrot (*Amazona viridigenalis*), Hispañiolan parrot (*A. ventralis*), and orange-fronted parakeet (*Aratinga canicularis*) were used for testing the markers, capture techniques, and radio-transmitters.

Preliminary results showed that 121-mm mist-nets set at subcanopy (2.3 to 7.5 m) levels can be used with recorded parrot vocalizations and live decoys to safely capture parrots. In addition, a mirror-trap was designed and will be tested for safety and effectiveness of capture. Multicolored, plastic leg bands and plastic patagial markers were used to identify individual birds. Leg bands tested were of a double-coiled, flat design, and were fastened with two types of glue. We also will be testing red and green patagial markers for possible effects on variable detection and attack rates by predators (Rowley and Saunders 1980). Two types of radio transmitters with a predicted battery life of 12 to 15 months are being tested.

Populations of each surrogate species were monitored periodically for 1 year to determine roosting sites, proposed capture sites, breeding season, and status. Monitoring will be completed monthly for each study location while capturing, marking, and testing of radio-transmitters proceed during the next year.

LITERATURE CITED

Rowley, I. and D.A. Saunders. 1980. Rigid wing-tags for cockatoos. Corella 4:1-17.

DISTRIBUTION AND BEHAVIOR OF NONBREEDING AND BREEDING PUERTO RICAN PARROTS

Wylie C. Barrow, Jr.
Research Wildlife Biologist
U.S. Fish and Wildlife Service
Patuxent Wildlife Research Center
Puerto Rico Research Group

After 20 years of research and management, many factors affecting the reproductive success of the Puerto Rican parrot have been identified and addressed. Thus, the number of individuals in the wild population has increased from a low of 14 parrots at the onset of the 1975 breeding season to 45 to 47 individuals after the 1989 season (just prior to Hurricane Hugo).

Despite this increase, the number of wild pairs laying eggs has remained relatively stable over the years. Between 1976 and 1990, three to five breeding pairs have been responsible for the reproductive output of the entire wild population. This paucity of genetic representation has been identified as the most frustrating characteristic of the current Puerto Rican parrot population by Snyder *et al.* (1987). Thus, the overall aim of this research is to study the feasibility of developing more effective management strategies to enhance recruitment of new breeding pairs into the wild parrot population. More specifically, the objectives of this study are to determine: (1) distribution of nonbreeding and breeding pairs during the reproductive period, (2) activity patterns of nonbreeding pairs in relation to breeding pairs, and (3) microhabitat features of the breeding territories and the activity areas of the nonbreeding pairs.

Researchers used canopy-level platforms and panoramic infrared photographs to map territorial boundaries and to identify activity areas to be sampled later for habitat characteristics. From the canopy platforms, biologists were able to collect data on movement patterns and behavior (vocal and physical interactions) of both breeding and nonbreeding Puerto Rican parrots. This phase of the study has just been completed for the 1991 breeding season. Biologists are now sampling habitat characteristics at frequently used activity areas within breeding and nonbreeding parrot territories. Based on the results of the 1991 fieldwork, the study may be extended to include the 1992 and 1993 breeding seasons.

LITERATURE CITED

Snyder, N.F.R., J.W. Wiley, and C.B. Kepler. 1987. The parrots of Luquillo: natural history and conservation of the Puerto Rican parrot. Western Foundation Vertebrate Zoology. 384 p.

TECHNOLOGY TRANSFER

Frank H. Wadsworth
Research Forester

With the recognition of technology transfer as a distinct problem to be addressed in the program of the Institute of Tropical Forestry (ITF), this activity has become a discrete assignment among the tasks of all professional staff members, and, in effect, better describes the purpose of my work than "Special Studies." A major milepost was reached with the transfer of remaining tasks on the manuscript for the book "Forest Production for Tropical America" to the editorial office of the Southern Forest Experiment Station for completion. The text is complete and what remains is essentially processes, rather than authorship. Included are the incorporation of illustrations and the generation of indexes.

The quarterly newsletter of the International Society of Tropical Foresters (ISTF News) was composed for the 11th year. Distributed to more than 2,000 members worldwide by the Society of American Foresters, this 12 to 20 page printed publication has technical content as well as news. It is generated by screening all new information received by the Society's headquarters in Maryland and by the ITF in Puerto Rico. More than 100 articles are extracted from reports, speeches, and technical journals. The purpose is to close the wide communications gap that has existed between tropical foresters. Included are announcements of forthcoming events and brief descriptions of major publications of value to the members. One issue lists all members with their addresses.

Four major international technical consultancies were provided during the year. A 10-day workshop on tropical silviculture sponsored by the Silvicultural Study Group of the Food and Agriculture Organization North American Forestry Commission for 25 Mexican and Guatemalan foresters at Escarpada, Campeche, Mexico, was codirected. A 3-week assignment with ISTF member Dr. Henry Tschinkel assessed and proposed an initial technical program for a USAID-proposed forest research station at Bukit Baka in West Kalimantan, Indonesia. A 6-week assignment, also with Dr. Tschinkel, produced an Environmental Assessment and Project Paper for forestry development with USAID assistance in Panama. Continuation of ongoing technical support to the Cottage Forest Industries Project of the Caribbean Natural Resources Institute in Dominica included field demonstration of liberation practices.

Within Puerto Rico, technical counsel was provided to the Forestry Division of the Department of Natural Resources for the development of management plans for the State Forest System. Background information was assembled for the preparation of a feasibility study of a forest industry for Puerto Rico by the Chamber of Commerce and lectures in dendrology and silviculture were given to biology students of the Río Piedras campus of the University of Puerto Rico. More than one-tenth of the year was dedicated to participation with the Interdisciplinary Planning Team revising the Land and Resource Management Plan of the Caribbean National Forest. Included are proposals for a 10-year program of timber production demonstration. For the 39th consecutive year the Nature Team of Senior Boy Scout Counsellors in nature-oriented instruction was given four weekends of specialized preparatory technical training.

In the United States technical participation was offered in workshops of the Woodworkers of America for Rainforest Protection and the International Hardwood Products Association concerning steps to take to encourage sustainable utilization of tropical forests harvested for timber exportation to the members of these groups. Addresses on tropical forestry and opportunities for personal participation were presented at the Forest Products Laboratory in Madison, WI, and the School of Forestry of Iowa State University at Ames.

Table 1. Activities which Institute of Tropical Forestry (ITF) staff participated in during FY 1990-91.

Commonwealth of Puerto Rico Activities	National Activities	International Activities
-Attended Department of Natural Resources Symposium at the Maricao State Forest, Maricao, PR. -Lectured to: •Natural History Society of Puerto Rico and the Department of Biology of the University of Puerto Rico (UPR) at Cayey. •El Verde Field Station Student Seminar program on "Effects of Hurricanes on Caribbean Bird Populations." •Garden Club at the Experiment Station, Mayagüez, PR. •Town meeting at Guánica, PR. •UPR students on recycling wastes in the Caribbean islands. •Conservation forum at Fajardo, PR. •High school students at St. Johns, Condado, and Barranquitas. •Biology Department class of UPR. •Natural History Society of Puerto Rico.	-Addressed National Convention of Science Teachers. -Reviewed the science program of the Patuxent Wildlife Laboratory of the U.S. Fish and Wildlife Service. -Hosted scientists from the Carbon Dioxide Research Program of the Department of Energy (DOE). -Hosted the President of the McArthur Foundation. -Lectured at Southwestern Louisiana University and at Louisiana State University. -Lectured on biodiversity at the University of California at Los Angeles. -Presented a paper at the Epiphyte Symposium at Sarasota, FL. -Keynote Speaker at annual meeting of the Restoration Society, Orlando, FL. -Addressed Forest History Society meeting in Montana. -Participated in National Academy of Sciences Committee on Sustainble Agriculture.	-Sponsored a 9-day timber tree seed workshop for nursery managers, technicians, and foresters in the Caribbean region. Participants were taught seed physiology and techniques for collecting, storing, testing, and germinating seeds. -Consulted with representatives of Dominica regarding a presurvey inventory of a tract of land on that island. -Hosted a 5-day joint Forest Service-National Aeronautic and Space Administration-Food and Agriculture Organization workshop on remote sensing and detection of deforestation in tropical America. Sixteen representatives from Latin America and approximately 40 other representatives from the United States attended. -Sponsored four international interns: one from Grenada for 9 months; one from Costa Rica for 2 weeks; one from Brazil for 6 months, and one from St. Vincent for 7 months. All have gained valuable experience in tropical forestry. Also sponsored several students doing Master's and Ph.D. level research out of University of Tennessee, Yale University, University of Pennsylvania, Johns Hopkins University, and University of Puerto Rico. Student from Nepal finished research work for a Ph.D. and this is in

Table 1. (cont'd).

Commonwealth of Puerto Rico Activities	National Activities	International Activities
•High school students on experimental ecology. -Lectured at: •Ecology shortcourse for science teachers during 3 days at the Resource Center for Science and Engineering of the UPR. •Forum on urbanism and conservation, Department of Natural Resources, PR. •Opening of the UPR Botanical Garden. -Participated as judge at the Resource Center for Science and Engineering's XVIII Science Congress held in Río Piedras, PR. -Advised: •Two high school students participating in the Saturday Science Academy of the Resource Center for Science and Engineering of the UPR during 5 months. •High school students participating in the Science Summer Camp sponsored through the Resource Center for Science and Engineering of the UPR.	-Presented a paper at the annual meeting of the Association of Tropical Biologists. -Presidential address to the Association of Tropical Biologists. -Sponsored a University of Vermont student doing Master's thesis research on above and belowground biomass and nutrient distribution in forest plantations (several species) in Lajas, PR. -Sponsored a Yale University student through the Agency for International Development (AID) Agroforestry Training Program for 2 months doing research on root biomass and distribution in single-species and mixed-species plantations on a degraded coastal site. -Guided 5 groups of 50 high school teachers each, members of the American Science Teachers Association, through the Bisley Watersheds during a 4-day period. -Participated in a Man and the Biosphere (MAB) Tropical Directorate activity and a MAB sponsored conference in Guánica, PR. -Presented two posters at the Long Term Ecological Research All Scientists Meeting. -Attended Luquillo's Long Term Ecological Research site annual meeting.	press. Also sponsored other students from 3 months to 3 years. -Sponsored a Chinese scientist from the South China Institute of Botany doing comparative studies on the Luquillo Experimental Forest and a similar forest in South China for a period of 6 months. -Participated as team leader, Puerto Rico Chamber of Commerce workshop on Potential Forest Production for Puerto Rico. -Participated as coleader in a 2-week workshop on tropical silviculture in Escarcega, Mexico, sponsored by the Silvicultural Study Group of the North American Forestry Commission. There were 30 Mexican foresters attending the workshop. -Addressed and consulted with students on tropical forestry during 2 days at Iowa State College, Ames, IA. -Served as member of the Woodworkers Alliance for Rainforest Protection panel on Rainforest Protection in Amherst, MA. -Served on Council of Tropical Forest Research Program to USAID for 3 weeks in Bukit Baka, Kalimantan, Indonesia.

Table 1. (cont'd).

Commonwealth of Puerto Rico Activities	National Activities	International Activities
-Met with Caribbean National Forest staff to discuss sampling methodology and experimental design for monitoring shrimp populations in the Luquillo Experimental Forest.		-Led field trip to study growth rings with representatives of the 50 staff members in the Luquillo Experimental Forest and a Toa Baja plantation.
-Planned and carried out an inventory for two units of land in Vieques, PR,as part of a cooperative forest management project with the U.S. Navy.		-Provided research input to planning team for the Caribbean National Forest.
-Provided statistical consulting to several students and professors of UPR.		-Demonstrated ongoing research in the Luquillo Experimental Forest to an Argentine forester.
-Participated in seminar: "Effects of Hurricane Hugo on Bird Populations in the El Verde Rain Forest," at the annual meeting of Tri-Beta Biology Honor Society, Camp Eliza Colberg, El Verde, PR.		-Assisted USAID Panama with environmental assessment for forestry proposal during 3 weeks.
-Sponsored and supervised two undergraduates supported by the Minority Biomedical Research Program (an National Institutes of Health grant) in research on bird songs at the UPR at Cayey.		-Presented address and staff discussion on tropical forestry to personnel of Forest Products Laboratory, Madison, WI.
-Participated in Symposium on Flora and Fauna of PR and the Caribbean, Humacao, PR, with two papers: "Canto en las reinitas (Parte 1): Estructura y función de las canciones" and "Canto en las reinitas (Parte 2): Variación en relación al compartamiento y al ciclo reproductor."		-Received and processed more than 700 requests for information per month, totaling over 8,000 requests per year at the ITF Library. These requests are received from all over the world. Also provided library services to hundreds of onsite visitors from Puerto Rico and throughout the tropics.
		-Regularly edited, published, and distributed 1,300 copies of the "Acta Científica," a bimonthly scientific journal for science teachers.

Table 1. (cont'd).

Commonwealth of Puerto Rico Activities	National Activities	International Activities
-Addressed a citizens' group on environmental issues within the Luquillo Experimental Forest.		-Edited the "ISTF News" for the International Society of Tropical Foresters, which has a distribution of 2,000 members worldwide.
-Reviewed the Minority Research Center for Excellence at UPR.		-Published and distributed the "Institute of Tropical Forestry Annual Letter," an informative report on current scientific research being done at the ITF by the research staff and other collaborators.
		-Collected and forwarded seeds of tree species used in line plantings to cooperators. Contacted cooperators in the Dominican Republic, Grenada, and Venezuela to select sites for line planting of mahogany and other valuable commercial tree species on degraded lands. Drafted accords and made arrangements to transfer funds to cooperators by September 30, 1991. Devised various implementation programs for different sites. The significance of line planting is that it converts degraded secondary forests, abandoned after commercial logging or agriculture, to a valuable forest resource with minimal site disturbance. Also published and distributed a brochure on line planting with mahogany.
		-Published a new brochure on research at the Institute of Tropical Forestry.
		-Guided a group of Peruvian students through the Bisley Watersheds.

Table 1. (cont'd).

Commonwealth of Puerto Rico Activities	National Activities	International Activities
		-Participated in an International Forestry course at the Mayagüez Campus of the UPR. -Guided a group of German students through the Bisley Watersheds of the Luquillo Experimental Forest. -Guided three Brazilian government representatives through the central mountain region of Puerto Rico to observe secondary successional vegetation. -Hosted Brazilian government officials on a tour of Institute programs. -Hosted remote sensing meeting for Latin America with Food and Agriculture Organization. -Hosted the President's Science Advisor and representatives from Latin American countries discussing a Global Change ITF. -Participated in workshop on sustainable development at Mexico City. -Participated in Beijer Institute of Ecological Economics meeting in Sweden.

Table 2. Committees or delegations with Institute of Tropical Forestry (ITF) staff participation.

Commonwealth of Puerto Rico Groups	National Groups	International Groups
-Graduate student committees at the UPR.	-U.S. Man and the Biosphere Program, Tropical Ecosystems Directorate.	-Member of Board of Directors, Pan American Section of the International Council for Bird Protection.
-Puerto Rico Sea Grant Advisory Committee.	-Puerto Rican Parrot Inter-Agency Working Group Committee.	-Vice President, Society for the Study of Caribbean Ornithology.
-Vieques Resource Management Advisory Committee.	-Council Member for the Association of Field Ornithologists.	-Research Committee of Food and Agriculture Organization Latin America Forestry Commission.
-Puerto Rico Science Teachers Association Advisory Board.	-Global Change Committee.	-Caribbean Foresters Society.
-Editor "Acta Científica," the Journal of the Science Teachers Association.	-Long Term Ecological Research Coordinating Committee.	-President of the Association for Tropical Biology.
-Consejo Consultivo del Programa del Patrimonio Natural.	-Board of Overseers of Harvard College, Committee to visit Department of Organismic and Evolutionary Biology.	-Board of Governors of the Society for Conservation Biology.
-Puerto Rican Parrot Research Subcommittee.	-National Research Council Committee on Sustainable Agriculture and the Environment in the Humid Tropics.	-Editorial board of "Vegetatio."
-Scientific Editorial Board for the "Caribbean Journal of Science."	-Advisory Committee Yale School of Forestry.	
-Board of Directors Puerto Rico Conservation Foundation.	-National Wetlands Technical Council.	
-Advisory Committee Minority Research Center for Excellence.	-Board of Editors of the "Journal of Sustainable Forestry."	

Table 3. Visitors to the Institute of Tropical Forestry.

Almeida, Rionaldo Rolo
Instituto Brasileiro do Meio
Ambiente e dos Recursos Renovais
Santarem, Brazil

Aquino, Nelsie
Toa Alta, Puerto Rico

Barras, Stanley
Assistant Director for Research-West
Southern Forest Experiment Station
USDA Forest Service
New Orleans, Louisiana

Basnet, Khadga
Rutgers University
New Brunswick, New Jersey

Beck, Cindy
USDA Soil Conservation Service
Lake Worth, Florida

Benson, Barbara
Luquillo, Puerto Rico

Berny, Maria M.
Santurce, Puerto Rico

Brown, Joe J.
Cooperative Forestry
USDA Forest Service
Dry Branch, Georgia

Burch, Jeffrey
Region 8
USDA Forest Service
Atlanta, Georgia

Cibula, William
J.C. Stennis Space Center
National Aeronautics and Space Administration
Stennis Space Center, Mississippi

Conrad, Gene
Institute of Pacific Islands Forestry
USDA Forest Service
Honolulu, Hawaii

Cruz, Alex
University of Colorado
Boulder, Colorado

Cubina, Alejandro
Río Piedras, Puerto Rico

Díaz, Luis
Caguas, Puerto Rico

Díaz Zayas, Carmen E.
Guaynabo, Puerto Rico

Ding Ming Mao
South China Institute of Botany
Academia Sinica
Guangzhou, People's Republic of China

Domínguez, Tammy
Santo Domingo, República Dominicana

Dotzaver, Helmut
Aberdeen University
Aberdeen, Scotland, United Kingdom

Drew, Allen P.
State University of New York
College of Environmental Sciences and Forestry
Syracuse, New York

Dunn, Paul
Forest Environment Research
USDA Forest Service
Washington, D.C.

Faber, Axel
Hamburg, Germany

Feliciano, Mayra
Río Piedras, Puerto Rico

Ferraz, João
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia
Departamento de Silvicultura Tropical
Manaus, Amazonia, Brazil

Fin, Deborah
USDA Forest Service
Laramie, Wyoming

Table 3. (cont'd).

Flores Calderas, Hector H.
Coamo, Puerto Rico

Gannon, Michael R.
Department of Biology
Texas Tech University
Lubbock, Texas

García, Eduardo
Juncos, Puerto Rico

Gylvan Meira, Luis
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Sao Paulo, Brazil

Hall Balamaceda, Martin A.
Inter-American Tropical Tuna Commission
Scripps Institution of Oceanography
La Jolla, California

Hamilton, Thomas
Associate Deputy Chief, Research
USDA Forest Service
Washington, D.C.

Hatz, Barbara
Zurich, Switzerland

Hatz, Christian
Zurich, Switzerland

Hernández, Wilhelm
Vega Baja, Puerto Rico

Hildeman, Anders
Food and Agriculture Organization
of the United Nations
Forest Resources Assessment
Rome, Italy

Hoeflich, Vitor Afonso
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria
Curitiba, Parana, Brazil

Lampman, Scott
International Forestry
USDA Forest Service
Washington, D.C.

LaTorre, Juan B.
Toa Alta, Puerto Rico

Lazaro, Antonio
Hato Rey, Puerto Rico

Lebo, Beba
Trujillo Alto, Puerto Rico

Lennartz, Michael R.
Forest Environment Research
USDA Forest Service
Washington, D.C.

Lindell, Gary
International Forest Products
Forest Products Laboratory
USDA Forest Service
Madison, Wisconsin

Little, Jr., Elbert
USDA Forest Service, Retired
Arlington, Virginia

Luna Lugo, Anibal
Instituto Forestal Latinoamericano
Merida, Venezuela

Machado de Souza, Edson
Secretaria da Ciencia e Tecnologia
Brasilia, Brazil

Matts, Angus R.
University of Otago
Dunedin, New Zealand

Medina, Sonimar
Bayamon, Puerto Rico

Minetya de Díaz, Lisa
Caguas, Puerto Rico

Monagas, Mercedes
San Juan, Puerto Rico

Onofre Torres, Hector
Cataño, Puerto Rico

Table 3. (cont'd).

Orrach, Jorge
Utuado, Puerto Rico

Paniagua, Blanca I.
San Juan, Puerto Rico

Parrilla, Deborah
Trujillo Alto, Puerto Rico

Pérez, Gerardo Alberto
Río Piedras, Puerto Rico

Pérez, Javier
Interamerican University
Río Piedras, Puerto Rico

Peterson, Kenneth
Deputy Director
Forest Products Laboratory
USDA Forest Service
Madison, Wisconsin

Portela Valentín, Stanley
Río Piedras, Puerto Rico

Putney, Allen
Caribbean National Research Institute
Christiansted, Virgin Islands

Quintero, Carlos A.
Carolina, Puerto Rico

Ranciato, John
New Haven, Connecticut

Rivera, Ricardo
San Juan, Puerto Rico

Rochon, Gilbert
J.C. Stennis Space Center
National Aeronautics and Space Administration
Stennis Space Center, Mississippi

Rodríguez Caraballo, Eunice
Santurce, Puerto Rico

Rosen, Anita
Silver Spring, Maryland

Rosen, Howard
Forest Products and Harvesting Research
USDA Forest Service
Washington, D.C.

Salati, Eneas
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia
Manaus, Amazonia, Brazil

Santiago, Ramón
USDA Soil Conservation Service
Lake Worth, Florida

Santos, Israel
Dorado, Puerto Rico

Scarsbrook, Mike
University of Otago
Dunedin, New Zealand

Seixas, Mario A.
SAIN-Parque Rural-Empresa Brasileira de
Pesquisa Agropecuaria
Brasilia, Brazil

Setliff, Edson C.
Thunder Bay, Ontario, Canada

Silva, Jose N.M.
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria
CPATU
Belem, Para, Brazil

Smith, Richard
Forest Insect and Disease Research
USDA Forest Service
Washington, D.C.

Sommers, William
Forest Fire and Atmospheric
Sciences Research
USDA Forest Service
Washington, D.C.

Stangel, Peter
National Fish and Wildlife
Foundation
Washington, D.C.

Table 3. (cont'd).

Torres, Elsa
Darien, Illinois

Torres, Ricardo
Comerio, Puerto Rico

Townsend, Colin
University of Otago
Dunedin, New Zealand

Tuxill, John
Hopkinton, New Hampshire

Tyree, Mel
Northeastern Forest Experiment Station
USDA Forest Service
Burlington, Vermont

V. de Luna, Gladys
Merida, Venezuela

Van Sickle, Charles
Assistant Station Director
Southeastern Forest Experiment Station
USDA Forest Service
Asheville, North Carolina

Vázquez, Midna
Hato Rey, Puerto Rico

Vidal Vázquez, Miguel A.
Florida, Puerto Rico

Wear, David
Forestry Sciences Laboratory
Southeastern Forest Experiment Station
USDA Forest Service
Otto, North Carolina

Appendix
Apéndice

A. Recent Publications of the Institute of Tropical Forestry
(*indicates reprints available for distribution).

Publicaciones recientes del Instituto de Dasonomía Tropical
(*indica disponibilidad de separatas para distribución).

001 *Brown, S., A.J.R. Gillespie, and A.E. Lugo. 1991. Biomass of tropical forests of south and Southeast Asia. Canadian Journal of Forest Research 21(1):111-117.

002 *Cuevas, E., S. Brown, and A.E. Lugo. 1991. Above- and belowground organic matter storage and production in a tropical pine plantation and a paired broadleaf secondary forest. Plant and Soil 135:257-268.

003 Domínguez-Cristobal, C. 1989. Situación forestal de Puerto Rico durante el siglo XIX. Acta Científica 3(1):24-25.

004 *Francis, J.K. 1990. *Bursera simaruba* (L.) Sarg. Almacigo, gumbo limbo. Burseraceae. Bursera family. SO-ITF-SM-35. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.

005 *Francis, J.K. 1990. *Byrsonima spicata* (Cav.) H.B.K. Maricao. Malpighiaceae. Malphighia family. SO-ITF-SM-36. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.

006 *Francis, J.K. 1990. *Carya aquatica* (Michx. F.) Nutt. Water hickory. Juglandaceae. Walnut family. Pages 186-189 *in* R.M. Burns, and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods. Agricultural Handbook No. 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

007 *Francis, J.K. 1990. *Catalpa longissima* (Jacq.) Dum. Cours. Yokewood. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-37. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

008 *Francis, J.K. 1990. *Hura crepitans* L. Sandbox, molinillo, jabillo. Euphorbiaceae. Spurge family. SO-ITF-SM-38. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.

009 *Francis, J.K. 1991. *Ochroma pyramidale* Cav. Balsa. Bombacaceae. Bombax family. SO-ITF-SM-41. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 6 p.

010 *Francis, J.K. 1991. *Zanthoxylum martinicense* (Lam.) DC. Espino rubial. Rutaceae. Rue family. SO-ITF-SM-42. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.

011 *Francis, J.K. and H.A. Liogier. 1991. Naturalized exotic tree species in Puerto Rico. General Technical Report S0-82. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 12 p.

012 Institute of Tropical Forestry. 1991. Line planting with mahogany (*Swietenia* spp.). Management Bulletin R8-MB 50. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern

Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR, and Southern Region, Cooperative Forestry, Atlanta, GA. [misc. pub.]

013 *Institute of Tropical Forestry. 1991. Research at the Institute of Tropical Forestry. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. [misc. pub.].

014 *Liegel, L.H., compiler. 1991. Growth and site relationships of *Pinus caribaea* across the Caribbean Basin. General Technical Report S0-83. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry in cooperation with the University of Puerto Rico, Río Piedras, PR. 70 p.

015 *Lindsey, G.D., W.J. Arendt, J. Kalina. 1991. Home range and movements of juvenile Puerto Rican parrots. Journal of Wildlife Management 55(2):318-322.

016 Lugo, A.E., editor. 1989. Acta Científica 3(1). 60 p.

017 *Lugo, A.E. 1990. Fringe wetlands. Pages 143-169 *in* A.E. Lugo, M.M. Brinson, and S. Brown, editors. Ecosystems of the World 15: Forested Wetlands. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

018 *Lugo, A.E. 1990. Introduction. Pages 1-14 *in* A.E. Lugo, M.M. Brinson, and S. Brown, editors. Ecosystems of the World 15: Forested Wetlands, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

019 Lugo, A.E. 1990. Mangroves of the Pacific islands: research opportunities. General Technical Report PSW-118. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Berkeley, CA. 13 p.

020 *Lugo, A.E. 1990. Synthesis and search for paradigms in wetland ecology. Pages 447-460 *in* A.E. Lugo, M.M. Brinson, and S. Brown, editors. Ecosystems of the World 15: Forested Wetlands. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

021 Lugo, A.E., editor. 1991. Annual Letter 1989-1990. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR.

022 Lugo, A.E. 1991. Forestry research: past, present and future. Journal of Forestry 89(3):10-11,12.

023 *Lugo, A.E. and S. Brown. 1991. Tropical and temperate forests. Pages 319-330 *in* J. Cole, G. Lovett, and S. Findlay, editors. Comparative analyses of ecosystems, patterns, mechanisms, and theories. Springer-Verlag, New York.

024 *Lugo, A.E., S. Brown, and M.M. Brinson. 1990. Concepts in wetland ecology. Pages 53-85 *in* A.E. Lugo, M.M. Brinson, and S. Brown, editors. Ecosystems of the World 15: Forested Wetlands, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

025 *Lugo, A.E., E. Cuevas, and M.J. Sánchez. 1990. Nutrients and mass in litter and top soil of ten tropical tree plantations. Plant and Soil 125:263-280.

026 Lugo, A.E. and J.K. Francis. 1990. A comparison of 10 provenances of *Eucalyptus deglupt*a and *E. urophylla* in Puerto Rico: growth and survival over 15 years. Commonwealth Forestry Review 69(2):157-172.

027 *Lugo, A.E. and F.H. Wadsworth. 1990. *Dacryodes excelsa* Vahl. Tabonuco. Burseraceae. Bursera family. Pages 284-287 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North

America, Volume 2, Hardwoods. Agricultural Handbook No. 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

028 *Maisenhelder, L.C. and J.K. Francis. 1990. *Carya myristiciformis* (Michx. F.) Nutt. Nutmeg hickory. Juglandaceae. Walnut family. Pages 215-218 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

029 Medina, E., E. Cuevas, M. Popp, and A.E. Lugo. 1990. Soil salinity, sun exposure, and growth of *Achrostichum aureum*, the mangrove fern. Botanical Gazette 151(1):41-49.

030 *Meskimen, G. and J.K. Francis. 1990. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Rose gum eucalyptus. Myrtaceae. Myrtle family. Pages 305-312 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods. Agricultural Handbook No. 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

031 *Parrotta, J.A. 1991. *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. Guamuchi, Madras thorn. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-40. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.

032 *Rodríguez, C. 1990. *Inga vera* (Willd.). Guaba. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-39. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

033 Scatena, F.N. 1991. Geomorphic impacts of Hurricane Hugo on the Luquillo Mountains of Puerto Rico: preliminary observations. Page 393 *in* Research Needs and Applications to Reduce Erosion and Sedimentation in Tropical Steeplands, Proceedings of the Fiji Symposium, June 1990. IAHS-AISH Publication No. 192. International Association of Hydrological Science, Institute of Hydrology, Wallingford, Oxfordshire, United Kingdom.

034 Torres, Juan A. 1990. Aspectos ecológicos, toxicológicos y agrícolas de la hormiga brasileña *Solenopsis invicta.* Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 74(4): 375-394.

035 Wadsworth, F.H. 1990. ISTF News 11(4). International Society of Tropical Foresters, Washington, DC. 12 p.

036 *Weaver, P.L. 1990. *Calophyllum calaba* L. María, Santa María. Guttiferae. Mangosteen family. Pages 172-178 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods. Agricultural Handbook No. 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

037 *Weaver, P.L. 1990. *Manilkara bidentata* (A. DC.) Chev. Ausubo, Balata. Sapotaceae. Sapodilla family. Pages 455-460 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods. Agricultural Handbook No. 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

038 Weaver, P.L. 1990. The performance of *Tectona grandis* in Puerto Rico. Commonwealth Forestry Review 69(4):313-322.

039 *Weaver, P.L. 1990. *Tabebuia heterophylla* (DC.) Britton. Roble blanco, White-cedar. Bignoniaceae. Bignonia family. Pages 778-783 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods. Agricultural Handbook No. 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

040 *Weaver, P.L. 1991. *Buchenavia capitata* (Vahl) Eichl. Granadillo. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-43. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 7 p.

041 *Weaver, P.L. 1991. Environmental gradients affect forest composition in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Interciencia 16(3):142-151.

042 Weaver, P.L. and P.G. Murphy. 1990. Forest structure and productivity in Puerto Rico's Luquillo Mountains. Biotropica 22(1): 69-82.

043 Wunderle, Jr., J.M. 1990. The effect of Hurricane Hugo on bird populations in a Puerto Rican rain forest. Page 35 *in* XVI Simposio de los Recursos Naturales, September 13-14, 1990, San Juan, PR. Department of Natural Resources of Puerto Rico, San Juan, PR. [abstract]

044 Wunderle, Jr., J.M. 1991. Age-specific foraging proficiency in birds. Pages 273-324 *in* D.M. Power, editor. Current Ornithology, vol. 8. Plenum Publishing, New York, NY.

B. Other publications available for distribution
Otras publicaciones disponibles para distribución

045 *Acevedo-Rodríguez, P. en colaboración con R.O. Woodbury. 1985. Los bejucos de Puerto Rico. Volumen I. General Technical Report S0-58. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropcal Forestry, Southern Forest Experiment Station, Río Piedras, PR. 331 p.

046 *Arendt, W.J. 1988. Range expansion of the cattle egret (*Bubulcus ibis*) in the greater Caribbean basin. Colonial Waterbirds 11(2):252-262.

047 *Arendt, W.J. and A.I. Arendt. 1988. Aspects of the breeding of the cattle egret (*Bubulcus ibis*) in Montserrat, West Indies, and its impact on nest vegetation. Colonial Waterbirds 11(1):72-84.

048 *Arendt, W.J. and J. Faaborg. 1988. Sources of variation in measurements of birds in a Puerto Rican dry forest. Journal of Field Ornithology 60(1):1-11.

049 *Barres, H. 1964. Rooting media for growing pine seedlings in hydroponic culture. Institute of Tropical Forestry Research Note No.2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 4 p.

050 *Birdsey, R.A. and D. Jiménez. 1985. The forests of Toro Negro. Research Paper S0-222. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 29 p.

051 *Birdsey, R.A., P.L. Weaver, and C.F. Nicholls. 1986. The forest resources of St. Vincent, West Indies. Forest Service Research Paper S0-229. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 25 p.

052 *Bokkestijn, A. and J.K. Francis [n.d.]. *Khaya senegalensis* Juss. Dry-zone mahogany. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-5. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 4 p.

053 *Briscoe, C.B. 1962. Early lifting pine seedlings. Tropical Forest Note ITF-10. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, PR. 2 p. [available in Spanish only].

054 *Briscoe, C.B. 1962. Tree diameter growth in the dry limestone hills. Tropical Forest Note ITF-12. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, PR. 2 p.

055 *Briscoe, C.B. and R.W. Nobles. 1962. Height and growth of mahogany seedlings. Tropical Forest Note ITF-11 United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, PR. 3 p.

056 *Briscoe, C.B. and R. Ybarra-Coronado. 1971. Increasing growth of established teak. Research Note ITF-13. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 7 p.

057 *Brown, S., A.E. Lugo, S. Silander, and L.H. Liegel. 1983. Research history and opportunities in the Luquillo Experimental Forest. General Technical Report S0-44. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 128 p.

058 *Chinea-Rivera, J.D. 1990. *Ceiba pentandra* (L) Gaertn. Ceiba, kapok, silk cotton tree. Bombacaceae. Bombax family. SO-ITF-SM-29. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

059 *Chudnoff, M. and T.F. Geary. 1973. On the heritability of wood density in *Swietenia macrophylla*. Turrialba 23(3):359-362.

060 *Chudnoff, M. and E. Goytia. 1967. The effect of incising on drying, treatability, and bending strength of fence posts. Research Paper ITF-5. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 20 p.

061 *Chudnoff, M., E.D. Maldonado, and E. Goytia. 1966. Solar drying of tropical hardwoods. Research Paper ITF-2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 26 p.

062 *Crow, T.R. and P.L. Weaver. 1977. Tree growth in a moist tropical forest of Puerto Rico. Research Paper ITF-22. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 17 p.

063 *Englerth, G.H. 1959. Air drying conditions for lumber in the San Juan area. Tropical Forest Note 1. United States Department of Agriculture, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, PR. 2 p.

064 *Englerth, G.H. 1961. Bamboo for fence posts. Tropical Forest Note 6. United States, Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, PR. [Also available in Spanish as Apuntes Forestales Tropicales ITF-6].

065 *Figueroa-Colón, J.C., L. Totti, A.E. Lugo, and R.O. Woodbury. 1984. Structure and composition of moist coastal forests in Dorado, Puerto Rico. Research Paper S0-202. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 11 p.

066 *Figueroa-Colón, J.C., F.H. Wadsworth, and S. Branham, editors. Management of the forests of tropical America: prospects and technologies. Proceedings of a conference, September 22-27, 1986, San Juan, PR. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 469 p.

067 *Francis, J.K. [n.d.]. *Agathis robusta* (C. Moore ex F. Muell) F.M. Bailey. Queensland kauri. Araucariacae. Araucaria family. SO-ITF-SM-10. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 5 p.

068 *Francis, J.K. [n.d.]. *Araucaria heterophylla* (Salisb.) Franco. Norfolk-island pine. Araucariaceae. Araucaria family. SO-ITF-SM-11. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 3 p.

069 *Francis, J.K. [n.d.]. *Hernandia sonora* L. Mago, toporite. Hernandiaceae. Hernandia family. SO-ITF-SM-13. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 3 p.

070 *Francis, J.K. [n.d.]. *Maesopsis eminii* Engl. Musizi. Rhamnaceae. Buckthorn family. SO-ITF-SM-8. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 4 p.

071 *Francia, J.K. [n.d.]. *Terminalia ivorensis* (A. Chev.). Idigbo, emire. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-12. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 5 p.

072 *Francis, J.K. 1988. *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Guanacaste, earpod-tree. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-15. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

073 *Francis, J.K. 1988. *Eucalyptus deglupta* Blume. Kamarere. Myrtaceae. Myrtle family. SO-ITF-SM-16. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.

074 *Francis, J.K. 1988. Merchantable volume table for ucar in Puerto Rico. Research Note S0-350. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 3 p.

075 *Francis, J.K. 1989. *Bucida buceras* L. Ucar. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-18. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

076 *Francis, J.K. 1989. The Luquillo Experimental Forest Arboretum. Research Note S0-358. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 8 p.

077 *Francis, J.K. 1989. *Mammea americana* L. Mamey, mammee-apple. Guttiferae. Mangosteen family. SO-ITF-SM-22. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Sation, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

078 *Francis, J.K. 1989. Merchantable volume and weights of mahoe in Puerto Rican plantations. Research Note S0-355. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

079 Francis, J.K. 1989. *Pterocarpus macrocarpus* Kurz. Burma padauk, pradu. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-19. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

080 *Francis, J.K. 1989. *Tabebuia donnell-smithii* Rose. Primavera. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-25. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

081 *Francis, J.K. 1989. *Terminalia catappa* L. Indian almond, almendra. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-23. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

082 *Francis, J.K. 1989. *Thespesia grandiflora* (DC). Urban. Maga. Malvaceae. Mallow family. SO-ITF-SM-21. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

083 *Francis, J.K. 1990. *Citharexylum fruticosum* L. Pendula, fiddlewood. Verbenaceae. Verbena family. SO-ITF-SM-34. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

084 *Francis, J.K. 1990. *Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsh. Fresno, tropical ash. Oleaceae. Olive family. SO-ITF-SM-28. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

085 *Francis, J.K. 1990. *Hymenaea courbaril* (L.) Algarrobo, locust. Leguminosae. Legume family. Caesalpinioideae. *Cassia* subfamily. SO-ITF-SM-27. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.

086 *Francis, J.K. 1990. *Spathodea campanulata* Beauv. African tulip tree. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-32. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.

087 *Francis, J.K. 1990. *Suzygium jambos* (L.) Alst. Rose apple. Myrtaceae. Myrtle family. SO-ITF-SM-26. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

088 *Francis, J.K. and A. Bokkestijn. [n.d.]. *Khaya nyasica* Stapf. ex Baker f. East African mahogany. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-9. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 4 p.

089 *Jiménez, J.A. 1985. *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. White mangrove. SO-ITF-SM-3. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 4 p.

090 *Jiménez, J.A. 1985. *Rhizophora mangle* L. Red mangrove. SO-ITF-SM-2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 7 p.

091 *Jiménez, J.A. and A.E. Lugo. 1985. *Avicennia germinans* (L.) L. Black mangrove. SO-ITF-SM-4. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 6 p.

092 *Ledig, F.T. and J.L. Whitmore. 1981. The calculation of selection differential and selection intensity to predict gain in a tree improvement program for plantation grown Honduras pine in Puerto Rico. Research Paper S0-170. United States Department of Agriculture, Forest

Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 7 p.

093 *Liegel, L.H. 1984. Assessment of hurricane rain/wind damage in *Pinus caribaea* and *Pinus oocarpa* provenance trials in Puerto Rico. Commonwealth Forestry Review 63(1):47-53.

094 *Liegel, L.H. 1984. Results of 5- to 6-year old provenance trials of *Pinus oocarpa* Schiede on eight sites in Puerto Rico. Silvae Genetica 33(6):223-230.

095 *Liegel, L.H. 1984. Status, growth and development of unthinned Honduras pine plantations in Puerto Rico. Turrialba 34(3):313-324.

096 *Liegel, L.H. 1985. Growth, form, and flowering of Caribbean pine families in Puerto Rico. Commonwealth Forestry Review 64(1):67-74.

097 *Liegel, L.H., R. Jones, G. Symes, B. Ramdial, and J.J. Cabrera Malo. 1985. US-AID supports study of Honduras pine in the Caribbean. Journal of Forestry 83(6):376-377.

098 *Liegel, L.H. and C.R. Venator. 1987. A technical guide for forest nursery management in the Caribbean and Latin America. General Technical Report S0-67. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 156 p.

099 *Little, E.L., Jr., R.O. Woodbury, and F.H. Wadsworth. 1976. Flora of Virgin Gorda (British Virgin Islands). Research Paper ITF-21. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 36 p.

100 *Little, E.L., Jr., R.O. Woodbury, and F.H. Wadsworth. 1988. Arboles de Puerto Rico y las Islas Vírgenes, Segundo Volumen. Agriculture Handbook No. 449-S. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. 1177 p.

101 *Longwood, F.R. 1989. Maderas puertorriqueñas: relacionado a su trabajo a máquina, secado y otras relacionadas. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 87 p.

102 *Lugo, A.E. 1981. The inland mangroves of Inagua. Journal of Natural History 15:845-852.

103 *Lugo, A.E. 1987. Tropical forest management. Book review of: C.F. Jordan, editor. Amazonian rain forests. Ecological Studies 50. 133 p. Journal of Forestry 86(10):44-47.

104 *Lugo, A.E. 1988. Forest lands in Puerto Rico and the Caribbean 500 years after their discovery by Cristoforo Colombo. Slide presentation, includes references and an appendix. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Río Piedras, PR. 16 p.

105 *Lugo, A.E. and J. Figueroa. 1984. *Anthocephalus chinensis* (Lam.) A. Rich. ex Walp. Kadam. SO-ITF-SM-1. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 6 p.

106 *Lugo, A.E. and L.B. Ford. 1987. Forest recreation in the Caribbean Islands. Proceedings of the Third meeting of Caribbean Foresters, May 19-23, 1986. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry and the Caribbean National Forest, Río Piedras, PR. 95 p.

107 *Lugo, A.E. and L.B. Ford, editors. 1989. Wildlife Management in the Caribbean Islands. Proceedings of the 4th meeting of Caribbean Foresters, Dominica. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry and the Caribbean National Forest, Río Piedras, PR. 129 p.

108 *Maldonado, E.D. 1961. Peladora de postes de cadena ajustada. [Translation of "A tight chain post peeler" by W.N. Darwin]. Apuntes Forestales Tropicales ITF-8. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, PR. 5 p.

109 *Maldonado, E.D. 1962. Solar radiation used to dry mahogany lumber in Puerto Rico. Tropical Forest Note ITF-14. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 5 p.

110 *Mosquera, M. and J. Feheley, compilers. 1984. Bibliography of forestry in Puerto Rico. General Technical Report S0-51. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 196 p.

111 *Nobles, R.W. and C.B. Briscoe. 1966. Height growth of mahogany seedlings. Research Note ITF-10. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 3 p.

112 *Parrotta, J.A. [n.d.]. *Albizia lebbek* (L.) Benth. Siris. Leguminosae (Mimosaceae). Legume family. SO-ITF-SM-7. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 5 p.

113 *Parrotta, J.A. [n.d.]. *Albizia procera* (Roxb.) Benth. White siris, tall albizia. Leguminosae (Mimosaceae). Legume family. SO-ITF-SM-6. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 4 p.

114 *Parrotta, J.A. 1989. *Dalbergia sissoo* Roxb. Sissoo, Indian rosewood. Leguminosae (Papillionoideae). Legume family. SO-ITF-SM-24. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.

115 *Parrotta, J.A. 1990. *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen. Batai, Moluccan sau. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-31. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.

116 *Parrotta, J.A. 1990. *Tamarindus indica* L. Tamarind. Leguminosae (Caesalpinioideae). Legume family. SO-ITF-SM-30. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 5 p.

117 Parrotta, J.A. and J.K. Francis. 1990. *Senna siamea* Irwin & Barnaby. Yellow cassia, minjri. Leguminosae (Caesalpinioideae). Legume family. SO-ITF-SM-33. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 7 p.

118 *Pérez, I.E., compiler. 1988. Field guide to the trees of Bisley watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, and Center for Energy and Environment Research of the University of Puerto Rico, Río Piedras, PR. 89 p.

119 *Scatena, F.N. 1989. An introduction to the physiography and history of the Bisley experimental watersheds in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. General Technical Report S0-72. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 22 p.

120 *Schubert, T.H. and J. Zambrana. 1978. Honduras or big-leaf mahogany. Urban Forestry Bulletin, Caribbean Area. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Area. 2 p.

121 *Schubert, T.H. and J. Zambrana. 1978. West Indies or small-leaf mahogany. Urban Forestry Bulletin, Caribbean Area. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Area. 2 p.

122 *Tosi, J.A., Jr. and L.L. Vélez-Rodríguez. 1983. Provisional ecological map of the Republic of Brazil. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Center for Energy and Environment Research of the University of Puerto Rico, and United States Department of Energy, Washington, DC. 16 p. + appendix; map. [commissioned and edited by ITF and co-published by ITF as part of a grant from DOE].

123 *Venator, C.R. 1972. Effect of gibberelic acid on germination of low-vigor Honduras pine seeds. Forest Science 18(4):331.

124 *Venator, C.R. 1976. A mutant *Pinus caribaea* var. *hondurensis* seedling incapable of developing normal secondary needles. Turrialba 26(1):98-99.

125 *Venator, C.R. 1976. Natural selection for drought resistance in *Pinus caribaea* Morelet. Turrialba 26(4):381-387.

126 *Venator, C.R. 1977. Formation of root storage organs and sprouts in *Pinus oocarpa* seedlings. Turrialba 27(1):41-45.

127 *Venator, C.R., C.D. Howes, and L. Telek. 1977. Chlorophyll and carotenoid contents of *Pinus caribaea* seedlings and inferences for adaptability. Turrialba 27(2):169-173.

128 *Venator, C.R., J.E. Muñoz, and N.F. Barros. 1977. Root immersion in water: a promising method for successful bare-root planting of Honduras pine. Turrialba 27(3):287-291.

129 *Venator, C.R. and A. Rodríguez. 1977. Using styroblock containers to grow *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. & Golf. nursery seedlings. Turrialba 27(4):393-396.

130 *Venator, C.R. and J.A. Zambrana. 1975. Extraction and germination of kadam seed. Research Note ITF-14A (revised). United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 3 p.

131 *Wadsworth, F.H. 1968. Public forestry research in Latin America, its status and needs. Research Paper ITF-6. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. [It was republished in Spanish as FAO Boletin Forestal y de Industrias Forestales para América Latina (Santiago de Chile, Chile) No. 57, and in Boletin Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación (Merida, Venezuela) 29 (in 1969). Available in Spanish only].

132 *Weaver, P.L. 1979. Tree growth in several tropical forests of Puerto Rico. Research Paper SO-152. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 15 p.

133 *Weaver, P.L. 1983. Tree growth and stand changes in the subtropical life zones of the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Research Paper SO-190. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 24 p.

134 *Weaver, P.L. 1988. *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. American muskwood. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-17. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 7 p.

135 *Weaver, P.L. 1989. *Andira inermis* (W. Wright) DC. Cabbage angelin. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-20. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 7 p.

136 *Weaver, P.L. 1989. Forest changes after hurricances in Puerto Rico's Luquillo Mountains. Interciencia 14(4):181-192.

137 *Weaver, P.L. 1989. Rare trees in the colorado forest of Puerto Rico's Luquillo Mountains. Natural Areas Journal 9(3):169-173.

138 *Weaver, P.L. 1989. Taungya plantings in Puerto Rico: assessing the growth of mahogany and maría stands. Journal of Forestry 87(3):37-41.

139 *Weaver, P.L. 1990. Succession in the elfin woodland of the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Biotropica 22(1):83-89.

140 *Weaver, P.L. 1990. Tree diameter growth rates in Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. Caribbean Journal of Science 26(1-2):1-6.

141 *Weaver, P.L. and G.P. Bauer. 1986. Growth, survival and shoot borer damage in mahogany plantings in Luquillo Forest in Puerto Rico. Turrialba 36(4):509-522.

142 *Weaver, P.L., R.A. Birdsey, and C.F. Nicholls. 1988. Los recursos forestales de San Vicente, Indias Occidentales. SO-RP-244. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 27 p.

143 *Weaver, P.L. and J.K. Francis. [n.d.]. *Hibiscus elatus* Sw. Mahoe. Malvaceae. Mallow family. SO-ITF-SM-14. United States Department of Agriculture, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 7 p.

144 Weaver, P.L. and J.K. Francis. 1988. Growth of teak, mahogany, and Spanish cedar on St. Croix, U.S. Virgin Islands. Turrialba 38(4):308-317.

145 Weaver, P.L. and P.G. Murphy. 1990. Forest structure and productivity in Puerto Rico's Luquillo Mountains. Biotropica 22(1):69-82.

146 Whitmore, J.L. 1978. Bibliography on *Eucalyptus deglupta* Bl. Research Note ITF-17. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 18 p.

147 *Whitmore, J.L. 1978. *Cedrela* provenance trial in Puerto Rico and St. Croix: establishment phase. Research Note ITF-16. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 11 p.

148 *Whitmore, J.L. and G.Hinojosa. 1977. Mahogany (*Swietenia*) hybrids. Research Paper ITF-23. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 8 p.

149 *Whitmore, J.L. and L.H. Liegel. 1980. Spacing trial of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Research Paper SO-162. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, LA. 9 p.

150 *Woodbury, R.O. and E.L. Little, Jr. 1976. Flora of Buck Island Reef National Monument (U.S. Virgin Islands). Research Paper ITF-19. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, PR. 27 p.

Versión en Español

INVESTIGACION DE PLANTACIONES FORESTALES

John K. Francis
Investigador Forestal

Plantaciones madereras han sido establecidas por dasónomos en Puerto Rico por más de 60 años. Los dueños, por lo general, sabían cuanta área de plantación tenían pero un resumen global de la situación de plantaciones en Puerto Rico no existe. Una encuesta de las plantaciones madereras (Francis en imprenta) en propiedades federales, del estado y privadas se condujo recientemente usando informes publicados, archivos de inventario forestal, entrevistas con guardabosques y por medio de cartografía en el campo. Encontré un total de 3,991 hectáreas de plantaciones. Aproximadamente 46% se encuentra en terrenos del Departamento de Recursos Naturales de Puerto Rico, 40% pertenece al Servicio Forestal de los Estados Unidos y 14% se ubica en terrenos privados y otras organizaciones públicas. Caoba (*Swietenia mahagoni* y *S. macrophylla*) ocupaba el 29% del área, especies de *Eucalyptus* 12 % del área y pino caribeño (*Pinus caribaea*) 9%. Una variedad de otras especies y plantaciones mixtas completaron el balance del área. En el 1985 plantaciones madereras ocupan solamente el 1.4 % del terreno forestal en Puerto Rico (Birdsey y Weaver 1987). Muy poca área de plantación forestal se añade anualmente en Puerto Rico y un área substancial pero desconocida se pierde anualmente, principalmente precipitado por la muerte de árboles en plantación y por la supresión infligida por árboles invasores.

Colonización por especies de plantas exóticas ha estado ocurriendo desde que la masa de tierra de Puerto Rico se levantó del mar. La velocidad de introducciones se aceleró miles de veces después de la llegada de los Europeos, particularmente durante el último siglo. Una especie se considera naturalizada cuando se reproduce sin la intervención de humanos. Unas 118 especies de árboles exóticos naturalizados se han documentado en Puerto Rico (Francis y Liogier 1991). Del número de naturalizados, aproximadamente 45 especies fueron introducidas más de 100 años atrás. La mitad de las especies naturalizadas recientes son ornamentales y la mitad son árboles con uso agrícola o forestal. Cuarenta y siete porciento de las especies naturalizadas se originaron en el Nuevo Mundo. Once porciento vinieron de Africa y del Mediterráneo y 42% son de Asia u Oceanía. La mayoría de las especies naturalizadas no pueden persistir sin disturbios ambientales causado por humanos. Algunas, sin embargo, competen vigorosamente en bosques secundarios húmedos y secos. *Albizia procera, Prosopis pallida*, y *Spathodea campanulata* son ejemplos familiares. Una especie, *Sysygium jambos*, aparenta haber tomado un lugar permanente en el bosque muy húmedo secundario avanzado. Aunque cambios en frecuencias de especies, particularmente en el bosque secundario temprano, han resultado por la invasión de árboles exóticos, extinciones en la flora nativa y otros daños ecológicos serios parecen ser improbables.

LITERATURA CITADA

Birdsey, R.A. y P.L. Weaver. 1987. Forest area trends in Puerto Rico. Research Note S0-331. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 5 p.

Francis, J.K. y H.A. Liogier. 1991. Naturalized exotic tree species in Puerto Rico. General Technical Report S0-82. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 12 p.

Francis, J.K. Forest plantations in Puerto Rico. *En* A.E. Lugo y C.L. Lowe, editores. A century of tropical forestry research: results from the first half, themes for the second. Springer Verlag, New York (en imprenta).

MANUAL DE SILVICULTURA TROPICAL

John K. Francis
Investigador Forestal

Durante los últimos años hemos estado trabajando en un manual de silvicultura de árboles tropicales. Este manual es similar al que ha publicado el Servicio Forestal de los Estados Unidos para especies de zonas templadas. Para cada especie se prepara una monografía con toda la información disponible. Todas las monografías contienen el mismo formato y los tópicos incluyen la historia de vida de la especie, su crecimiento, los sistemas de manejo y los usos. En muchos ejemplos los autores coleccionan y reportan datos originales para suplementar la información bibliográfica. Además, las monografías contienen mapas de distribución de la especie y una foto del árbol en etapa madura. Cada trabajo se publica independientemente en un formato con argollas para facilitar su colección en libretas. Al presente se han publicado monografías para 43 especies y hay alrededor de 25 especies adicionales en preparación. Otras 20 especies de árboles tropicales han sido incluídas en la nueva edición del Manual de Silvicultura que publicó el Servicio Forestal de los Estados Unidos (1991 Silvics of North America, Vol. 2. Agriculture Handbook 654 [Tabla 1, página 2]). Nuestra intención es recoger en un solo volumen todas estas monografías de especies tropicales. Además queremos, eventualmente, traducir el volumen al español. La tabla 2 (página 3) contiene una lista de las monografías ya publicadas con sus autores. Copias de cualquiera se pueden conseguir en el Instituto de Dasonomía Tropical.

INVESTIGACION DE PLANTACIONES FORESTALES CON ENFASIS EN LA REHABILITACION DE BOSQUES

John A. Parrotta
Dasónomo Forestal

Terrenos forestales degradados, tales como los que ocurren en áreas de minería y pastizales degradadas o abandonadas en varias regiones de los trópicos americanos, requieren cuidado especial para asegurar que proveerán servicios y beneficios ecológicos y económicos por largo plazo. Plantaciones forestales sembradas en áreas degradadas tienen el potencial para: (a) producir madera y otros productos forestales, (b) aumentar la producción potencial de suelos y (c) acelerar el desarrollo de bosques secundarios. El grado de éxito en la realización de estos objetivos depende de varios factores, incluyendo selección de especies, diseño de plantaciones y manejo de plantaciones.

Desde 1984 he llevado a cabo investigaciones en plantaciones forestales en un pastizal degradado con suelos arenosos y bajo en nutrientes como nitrógeno, localizado en Toa Baja, en colaboración con la Universidades de Puerto Rico y Yale. Durante los últimos dos años, investigaciones en este sitio estaban enfocadas en: (a) la influencia de plantaciones establecidas de *Albizia lebbek*, una especie fijadora de nitrógeno, en la acumulación de nutrientes en vegetación y suelos y en los patrones de sucesión secundaria en el sotobosque y (b) productividad y circulación de nutrientes en plantaciones de monocultivos y plantaciones mezcladas de *Eucalyptus robusta*, *Casuarina equisetifolia* y *Leucaena leucocephala*.

En relación a las parcelas de control (pastizal degradado), las parcelas de *Albizia lebbek* han acumulado carbón y nitrógeno a un incremento anual estimado de 6.9 t/ha y 0.24 t/ha, respectivamente. Los suelos de la plantación estaban enriquecidos en carbón y nitrógeno en relación a las parcelas de control, aunque mucho del aumento de carbón (84%) y de nitrógeno (59%) en el sistema eran el resultado de acumulación en biomasa (tallo y raíces; Parrotta 1992). Diferencias importantes entre parcelas en pastizales y en *Albizia* se notaron en términos de biomasa radical, la distribución vertical de raíces, la estructura de vegetación y composición florística. Mientras que la regeneración de especies de bosques secundarios no ha ocurrido en los pastizales desde 1984, aproximadamente 30 especies están colonizando el sotobosque de la plantación. La vida silvestre como pájaros y murciélagos son atraídos a la plantación y son muy importantes para la sucesión secundaria como agentes de dispersión de semillas de especies secundarias (Tabla 1, página 5). La sombra del dosel de la plantación tiene también un papel importante facilitando la germinación de semillas y la sobrevivencia de plántulas por medio de una moderación de temperatura y humedad de suelos y una reducción de la ventaja competitiva de gramas que dominan las parcelas de pastos degradados (Parrotta 1991).

Parcelas experimentales replicadas que incluyen dos especies de fijadores de nitrógeno, (*Leucaena leucocephala* y *Casuarina equisetifolia*) y *Eucalyptus robusta* fueron sembrados en septiembre 1989 como un componente de una investigación para evaluar varias hipótesis en relación a productividad en plantaciones mezcladas vs. plantaciones de monocultivos y la influencia de competencia interespecífica en la fijación simbiótica de nitrógeno. En este estudio, fijación de nitrógeno se evalúa usando técnicas de dilución isotópica con N15. Resultados preliminares sugieren que la mezcla de cualquiera de los dos fijadores de nitrógeno (*Leucaena* o *Casuarina*) no tiene una influencia significativa en el crecimiento de *Eucalyptus* en términos de altura o diámetro del tronco (Figs. la y 1b, páginas 5 y 6). Sin embargo, en el caso de ambos fijadores de nitrógeno, crecimiento en altura y diámetro fueron significativamente mejor en parcelas mezcladas con *Eucalyptus* que en parcelas de monocultivos. Resultados preliminares de medidas de fijación de nitrógeno indican que el porcentaje de nitrógeno derivado de la atmósfera por *Leucaena* y *Casuarina* (una indicación de niveles de fijación de nitrógeno) fueron más altos en parcelas mezclada con *Eucalyptus* que en las de monocultivos de estas especies. Estos resultados sugieren que la competencia para nitrógeno disponible en el suelo por *Eucalyptus* podría estar estimulando fijación simbiótica de nitrógeno atmosférica por las especies con esta capacidad (*Leucaena* y *Casuarina* en asociación con sus simbiontes microbiológicos *Rhizobia* y *Frankia*). Las investigaciones continúan con medidas detalladas

de la acumulación total de nitrógeno en biomasa (incluyendo raíces), estudios de circulación de nitrógeno por la hojarasca y las proporciones isotópicas de nitrógeno dentro de estos componentes de biomasa para mejorar los estimados de fijación de nitrógeno total en los diferentes tratamientos (parcelas de monocultivo y mezcladas).

LITERATURA CITADA

Parrotta J.A. 1991. Secondary forest regeneration on degraded tropical lands: the role of plantations as "foster ecosystems". Contributed paper. ISTE/INTECOL Symposium on Restoration of Tropical Forest Ecosystems, October 7-10, 1991. University of Bonn, Germany.

Parrotta J.A. 1992. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 41(2): in press.

INVESTIGACIÓN Y MANEJO FORESTAL

Peter L. Weaver
Dasónomo Forestal

BOSQUES NATURALES

Bosques Secundarios

Inventarios sucesivos en Puerto Rico suministraron los primeros estimados de crecimiento en bosques secundarios a nivel regional (Weaver y Birdsey 1990). El volumen de árboles clasificados como existencias (*"growing stock"*) aumentó en 32% y el volumen de pies maderables (madera de aserrado) en 36% para todas las clases de terreno designado como forestal en 1980 y 1985. Las tasas de crecimiento de volumen (en m^3 ha^{-1}año^{-1}) variaron por clase de bosque y promediaron 2.0 en bosque secundario joven, 6.9 en bosque secundario, 7.1 en sombra para café abandonado y 1.2 en sombra para café activa. Se correlacionó levemente el crecimiento en diámetro con el diámetro inicial. Un leve aumento de especies madereras valiosas y de la intervención humana en más de la mitad de los bosques fueron otras tendencias observadas entre los inventarios.

Gradientes Ambientales en las Montañas de Luquillo

Se establecieron 25 grupos de 3 parcelas estratificadas por topografía (cima, pendiente, valle) a incrementos elevacionales de 50 m entre los 620 y 970 m en el bosque colorado de las montañas de Luquillo en Puerto Rico. Ordenaciones del promedio reciprocal de los datos de las parcelas muestreadas produjeron grupos por topografía, aspecto y elevación. Ordenaciones del promedio reciprocal también indicaron preferencias ambientales para 39 especies de árboles en un hábitat montañoso complejo. Análisis de gradientes directos de 20 especies de árboles comunes también demostraron preferencias topográficas, aspectuales y elevacionales dentro de las montañas.

Incremento de Diámetro de Arboles en las Islas Vírgenes

Se establecieron 16 rodales de 0.05 ha en la cuenca de Cinnamon Bay en 1983 y se midieron de nuevo en 1988. Para todos los rodales combinados, el reclutamiento excedió la mortalidad por 12 tallos ha^{-1}año^{-1} y el área basal promedio incrementó por 0.26 m^2 ha^{-1}año^{-1}. El incremento promedio en diámetro para 2,538 tallos sobrevivientes fue de 0.07 cm año^{-1} y el incremento anual de altura fue de 0.01 m año^{-1}. Sólo *Rauvolfia nítida* desapareció de los rodales y no se registraron especies nuevas.

PLANTACIONES

Comportamiento de Especies de Arboles en Puerto Rico

Se hizo un estudio de 27 plantaciones de *Tectona grandis* en 5 áreas de Puerto Rico. Una plantación tenía 24 años y las demás variaron entre 37 y 51 años de edad. El volumen total en las 27 plantaciones varía entre 111 y 574 m^3 ha^{-1} y el volumen comercial entre 61 y 230 m^3 ha^{-1}. El dap promedio para fustes de teca por parcela varió entre 13.9 y 42.8 cm y el promedio de altura variaron entre 19.0 y 47.7 cm y entre 16.6 y 27.1 m, respectivamente. Casi la mitad de las plantaciones muestreadas parecen alcanzar por lo menos 24 m de altura en 50 años, según la clase de sitio regional II para países dentro o alrededor de la cuenca del Caribe.

Además, se prepararon descripciones de las características silviculturales de 4 especies de árboles, *Buchenavia capitata, Calophyllum calaba, Manilkara bidentata* y *Tabebuia heterophylla* para manuales silvícolas (Weaver 1990b, c, d; 1991b).

LITERATURA CITADA

Weaver, P.L. 1990a. Tree diameter growth rates in Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. Caribbean Journal of Science 26(1-2):1-6.

Weaver, P.L. 1990b. *Calophyllum calaba* L.: María, Santa María. Páginas 172-178 *en* Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods. Agricultural Handbook No. 654. USDA Forest Service, Washington, D.C.

ESTUDIOS ECOLÓGICOS

Ariel E. Lugo
Ecólogo

ECOLOGÍA DE PLANTACIONES

Se estudió la importancia de la hojarasca en el almacenaje de materia orgánica y nutrientes y la influencia de distintas especies en la fertilidad del suelo de 10 rodales, cada uno un monocultivo de una especie distinta (Lugo *et al.* 1990a). Las plantaciones habían crecido bajo condiciones similares en el arboretum del Bosque Experimental de Luquillo en Puerto Rico. Las especies seleccionadas fueron: *Anthocephalus chinensis, Eucalyptus* x *pantentinervis, E. saligna, Hernandia sonora, Hibiscus elatus, Khaya nyasica, Pinus caribaea* var *hondurensis, P. elliottii* var. *densa, Swietenia macrophylla* y *Terminalia ivorensis.* A los 26 años de edad, la masa de hojarasca variaba entre 5 Mg/ha en *H. sonora* y 27.2 Mg/ha en *P. caribaea* (Fig. 1, página 9). Los nutrientes en la hojarasca (N, P, K, Ca y Mg) también variaron pero las plantaciones se categorizaron en órdenes distintos a los observados para la masa (Fig. 2, página 10). Solamente *E. saligna* y *A. chinensis* se catalogaron en posiciones similares para masa y nutrientes. En contraste, *H. elatus* se categorizó más alto con respecto a nutrientes que a masa. La concentración de nutrientes en las hojas de la hojarasca aumento en el orden: recién caídas < viejas pero intactas < fragmentadas. La concentración de nutrientes en las hojas caídas aumenta con el tiempo en el suelo y la profundidad en la hojarasca. La cantidad total de nutrientes en la hojarasca de estas plantaciones era similar a la cantidad de nutrientes en los primeros 10 cm del suelo mineral. La masa total de nutrientes estaba negativamente relacionada con la concentración ponderada de N, K y Mg. La misma relación se encontró entre Ca y hojas en la hojarasca y N y madera fina en la hojarasca. En algunos rodales (notablemente *P. caribaea, P. elliottii* y *E. Saligna*), la hojarasca derivada de otras especies tenían concentraciones de nutrientes más altas que las de las especies plantadas en el rodal. Los suelos de los 10 rodales eran arcillosos, pertenecían a la misma serie, y tenían similares texturas. Sin embargo, demostraban diferencias químicas significativas. Utilizando pruebas de covariancia y limitando las comparaciones a rodales adyacentes y con texturas similares, encontramos que las especies tienen influencias distintas sobre la fertilidad del suelo.

Estudiamos dos lugares (Tabla 1, página 11) donde habíamos plantado cinco procedencias de cada una de dos especies de *Eucalyptus* (*deglupta* y *urophylla*) por un período de 15 años (Lugo y Francis 1990). Uno de los sitios fue Río Abajo a 300 m de elevación en la zona de vida subtropical muy húmeda con una precipitación de 2,500 mm, temperatura anual media de 25°C y suelos con buena estructura y ricos en nutrientes. El otro lugar fue Yabucoa a 50 m de elevación en la zona de vida subtropical húmeda, lluvia de 2,200 mm, temperatura media anual de 26°C y suelos un poco más arenosos que Río Abajo y bajos en nutrientes. Irrespectivo de procedencia, E. *deglupta* creció mejor en Río Abajo en términos de diámetro, altura y volumen. Sin embargo, *E. urophylla* creció mejor que *deglupta* en Yabucoa, aunque no estadísticamente mejor. Observaciones sobre la sobrevivencia y estado de los árboles siguieron el mismo patrón. La sobrevivencia fue mayor en Yabucoa a pesar de daños causados por un huracán. Aparentemente *E. deglupta* está adaptada a lugares húmedos y suelos ricos en nutrientes. Por el contrario, *E. urophylla* crece mejor en condiciones más secas y suelos arenosos. El comportamiento de las procedencias dependió de la elevación de origen. Se pudo explicar 50% de la varianza de los resultados a base de la elevación de procedencia. *Eucalyptus urophylla* de procedencias de elevaciones variada respondieron más rápido a nuevas elevaciones que los de *E. deglupta.* Las procedencias de elevaciones >1,000 m crecieron pobremente mientras que las de elevaciones similares al área de estudio, crecieron mejor. Observaciones a corto plazo (2 a 5 años) son suficientes para delucidar el crecimiento inicial y sobrevivencia de las procedencias, pero no para identificar las que van a crecer mejor (Tabla 2, página 11). Hasta edades de 8 años, las proyecciones basadas en observaciones tempranas pueden sobre estimar el comportamiento de algunas procedencias y subestimar el de otras.

ECOLOGÍA DE SISTEMAS PANTANOSOS

La percepción que tienen las poblaciones humanas de las islas del Pacífico, y de todo el mundo en general, sobre los manglares ha cambiado en las

últimas décadas. Hoy se reconocen los valores económicos, estéticos, sociales y ecológicos de los manglares. Esto se debe en parte a las investigaciones que se han llevado a cabo sobre estos ecosistemas. Sin embargo, una revisión de 11 tópicos relevantes al manejo de manglares del Pacífico, demostró que aún existen brechas importantes en el entendimiento cuantitativo de estos sistemas (Lugo 1990). Estas brechas tienen que superarse si es que las nuevas percepciones sobre los manglares se van a institucionalizar a través del manejo científico. Los tópicos revisados son: diversidad de los hábitats del manglar, producción primaria, ciclaje de nutrientes, cadenas alimenticias, aves, pesquería y otra vida silvestre, silvicultura, respuesta a tensores, restauración, biología básica, valores, y cambios en el nivel del mar. Se propone que las investigaciones en los manglares del Pacífico debe ser holística, usar clasificaciones jerárquicas para los hábitats del manglar, llevarse a cabo a largo plazo, tener sensitividad a los valores sociales y culturales y usar técnicas de análisis modernas como las de información geográfica, rodales de estudio a largo plazo entrelazados en redes de investigación, técnicas de modelaje y equipos de investigación multidisciplinarios.

En la costa norte de Puerto Rico se estudiaron dos poblaciones del helecho de mangle Acros*tichum aureum* que crecían en condiciones contrastantes de sol y salinidad del suelo (Medina *et al.* 1990). El tamaño de las plantas y la densidad de crecimiento de estas eran mayores cuando se encontraban expuestas a alta luz solar y baja salinidad del suelo. En hábitats sombreados con un poco más de salinidad (bajo la sombra de *Laguncularia racemosa*) las plantas crecieron más grandes pero con menos densidad que las anteriores. Aparentemente el efecto de la salinidad se reduce en la sombra debido a menor evapotranspiración. La concentración osmótica en la savia de la hoja aumentó dramáticamente con la salinidad (con excepción de las plantas bajo sombra) lo cual aumentó el contenido de agua por unidad de área foliar y redujo el área foliar específica y el tamaño de las láminas foliares. Los solutos responsables por el aumento en la presión osmótica fueron Na^+, Mg^{+2} y sucrosa. Sin embargo, la respuesta principal a la salinidad se observó en el cyclitol D-1-0-metil-muco-inositol, un soluto citoplásmicamente compatible. Por lo tanto este cyclitol se puede considerar un indicador certero de tensión por salinidad en A. *aureum*. Las relaciones molares Cl^-/Na^+ en el jugo celular eran consistentemente más altas en *A. aureum* que en *L. racemosa* y *Rhizophora mangle* (2.5 contra 1.2 y 1.5, respectivamente; Tabla 3, página 12). La relación molar K/Na basada en contenido total por unidad de peso seco de tejido fue también más alta en el helecho (2.6) que en los manglares (<0.5; Tabla 4, página 13). Estos resultados indican diferentes niveles de selectividad de iones en las raíces de estas especies.

El estado de entendimiento de la función y estructura de sistemas pantanosos boscosos fue resumido en un libro (Lugo *et al.* 1990b). Los sistemas pantanosos se clasificaron en tres grupos y se propuso que los factores principales en su funcionamiento son el hidroperíodo, la energía hidrológica y los niveles nutricionales (Fig. 3, página 13).

EL CICLO DEL CARBONO

Se estimó la biomasa aérea con un 99% de confianza para bosques tropicales de Asia usando tablas de volumenes basadas en inventarios forestales representativos de 22 millones de hectáreas (Brown *et al.* 1990). La biomasa promedio derivada de inventarios para bosques húmedos fue de 225 Mg/ha, un valor más bajo que el reportado a base de medidas directas en bosques maduros de la misma región (350 Mg/ha). Para bosques secos la biomasa promedio basada en inventarios forestales fue de 82 Mg/ha más alta que los valores derivados de medidas directas (55 Mg/ha). El análisis demostró que los bosques de Asia han sido degradados por el uso intenso de parte de las poblaciones humanas. El área total y biomasa de los bosques declinó 18 y 28%, respectivamente, en la Península Malaya entre el 1972 y 1981 (Fig. 4, página 14). Los modelos representativos de los cambios en biomasa en los bosques tropicales de Asia deben tomar en consideración la degradación de los bosques por causas humanas porque tales usos reducen la biomasa y pueden estimular el crecimiento y absorción de carbono de los bosques residuales.

LITERATURA CITADA

Brown, S., A.J.R. Gillespie y A.E. Lugo. 1990. Biomass of tropical forests of south and southeast Asia. Canadian Journal of forest Research 21:111-117.

Lugo, A.E. 1990. Mangroves of the Pacific islands: research opportunities. General Technical Report PSW-118. Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, Berkeley, California. 13 p.

Lugo, A.E., E. Cuevas y M.J. Sánchez. 1990a. Nutrients and mass in litter and top soil of ten tropical tree plantations. Plant and Soil 125:263-280.

Lugo, A.E. y J.K. Francis. 1990. A comparison of 10 provenances of *Eucalyptus deglupta* and *E. urophylla* in Puerto Rico: growth and survival over 15 years. Commonwealth Forestry Review 69(2):157-171.

Lugo, A.E., M.M. Brinson y S. Brown (editors). 1990b. Forested wetlands. Ecosystems of the world, volume 15. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. 527 p.

Medina, E., E. Cuevas, M. Popp y A.E. Lugo. 1990. Soil salinity, sun exposure, and growth of *Acrostichum aureum*, the mangrove fern. Botanical Gazette 151(1):41-49.

ESTUDIOS DE LAS CUENCAS

F.N. Scatena
Hidrólogo

Durante el período de 1990-1991 las actividades en las cuencas experimentales de Bisley fueron las siguientes: continuo monitoreo de las propiedades ecológicas, hidráulicas y meteorológicas de las cuencas; muestreo y monitoreo de la vegetación herbácea y regeneración de las cuencas después del huracán Hugo; y establecer estudios de fenología y ciclo de vida ecológico de plantas para monitorear la vegetación recuperada después del huracán. Adicionalmente se prepararon varios artículos sobre el impacto del huracán Hugo para un volumen especial sobre huracanes en Biotrópica.

Estudios sobre el uso histórico de la tierra en el área de Bisley fue el tema de una tesis de maestría de la Universidad de Puerto Rico. Esta trataba sobre el impacto de la producción de carbón y cosechas selectivas dentro del drenaje (García 1991, García y Scatena 1990, 1991). Se pudo documentar el nivel de disturbio del paisaje por las actividades humanas de forma espacial y temporal. Cambios en la abundancia de *Dacryodes excelsa* y *Manilka bidentata* y la inmigración de plantas cosechables subdosel se atribuyen a las plantaciones de café en el pasado y la selectiva poda no mecanizada de madera. Disturbios de la producción de carbón y las operaciones madereras que ocurrieron hace 50 años se reflejan en la estructura moderna de la vegetación y su composición. Areas basales de los lugares afectados por la producción de carbón y la cosecha selectiva han vuelto a los niveles encontrados en áreas no afectadas. No obstante, la densidad de la vegetación no ha recuperado ya que los árboles jóvenes y los árboles de tamaño adulto eran menor en las áreas afectadas por los disturbios. La palma, *Prestoea montana*, obtuvo la mayor densidad en áreas previamente utilizadas para hacer carbón.

La importancia de la investigación de los riachuelos en el Bosque Experimental de Luquillo (BEL) fue señalada en un simposio sobre Investigaciones Ecológicas a Largo Plazo (Long-Term Ecological Research [LTER]) en la Trigésima Novena Reunión Anual de la Sociedad Bentológica Norteamericana en Santa Fé, NM. Además de la monografía presentada en el simposio (Scatena *et al.* 1991), 8 afiches y tres charlas presentaron investigación original del BEL. Estas presentaciones discutieron la importancia de la zona ribereña a los ciclos de nutrientes (McDowell y Bowden 1991), desechos madereros en los canales de los riachuelos (Covich y Crowl 1990, Johnson *et al.* 1991), poblaciones acuáticas de animales y la cadena alimenticia (Flecker y Pringle 1991, Buzby 1991, Covich *et al.* 1991, Pringle 1991, Ferrington *et al.* 1991, Masteller y Buzby 1991, Masteller *et al.* 1991).

Adicionalmente a las investigaciones científicas, el Instituto ha continuado expandiendo y mejorando la infraestructura investigativa dentro del BEL. El sistema de veredas y las facilidades de laboratorios en las cuencas de Bisley se han expandido y mejorado significativamente. Durante este año, el Instituto y el Servicio Geológico de los Estados Unidos de América han cooperado conectando los registros de escorrentía en los riachuelos y estaciones climatológicas en el bosque a un sistema central de comunicaciones vía satélite. Las estaciones climatológicas y los registros de escorrentía de riachuelos están actualmente funcionando en El Verde, Bisley y en Río Icacos. Se entablaron acuerdos cooperativos con la Universidad de Pensilvania sobre la permeabilidad de los suelos, John Hopkins en paleoecología y la Universidad de Yale sobre la dinámica de los nutrientes en los bosques enanos.

LITERATURA CITADA

Buzby, K. 1991. Aquatic insect response to a high flow event in two tropical streams. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

Covich, A.P., S.L. Johnson, D. Varza y D.L. Certain. 1991. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

Covich, A.P. y T.A. Crowl. 1990. Effects of hurricane storm flow on transport of woody debris in a Rain Forest Stream Experimental Forest, Puerto Rico. Proceedings of the international symposium on hydrology and fourth Caribbean islands water resources congress. San Juan, PR.

Ferrington, L.C., K. Buzby, and E.C. Masteller. 1991. Composition and temporal abundance of

chironomidae emergence from a tropical rainforest stream at El Verde, Puerto Rico. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

Flecker, A.S. y C.M. Pringle. 1991. Bioturbation as an important structuring mechanism in neotropical stream communities. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

García, Diana Montiel. 1991. The effect of human activity on the structure and composition of a tropical forest in Puerto Rico. Thesis for Masters of Science in Biology. University of Puerto Rico, Río Piedras, PR. 81 pp.

García, D. y F. Scatena. 1990. Impacto de la actividad humana sobre la composición y estructura de la vegetación en el bosque de la cuenca de Bisley, Bosque Experimental de Luquillo. V Congreso Latino-Americano de Botánica. Habana, Cuba. p. 52.

García, D. y F. Scatena. 1991. Efectos de la actividad humana sobre la composición y estructura de la vegetación en el Bosque Experimental de Luquillo, Puerto Rico. Primer Congreso Venezolano de Ecología. p. 25.

Johnson, S.L., A.P. Covich y D. Varz. 1991. Debris transport in a forested headwater stream, Puerto Rico, following disturbance. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

Masteller, E.C. and K. Buzby. 1991. Comparison of tropical and temperate latitude emergence patterns of aquatic insects. North .American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

Masteller, E.C., O.S. Flint, and K. Buzby. 1991. Emergence patterns of caddisflies (Trichopera) in a Puerto Rican mountain stream. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

McDowell, W.H. y W.B. Bowden. 1991. Impact of Hurricane Hugo on stream and groundwater chemistry in a tropical rain forest. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

Pringle, C.M. 1991. Effects of shrimp on sedimentation, periphton and insect communities in a Puerto Rican stream. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

Scatena, F.N., A.P. Covich, K. Buzby, C. Pringle y C. Asbury. 1991. Effects of disturbance on stream community structure and detrital processing in headwaters of the Luquillo mountains, Puerto Rico. North American Benthological Society 39th Annual Meeting. Santa Fe, NM.

ESTUDIO DEL BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO EN LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE BISLEY

Monika Naumann
Programa de Internado
Sao Paulo, Brazil

Con el apoyo de los técnicos Carlos Estrada, Angel Colón y Alejo Estrada, y bajo la orientación del Dr. F. Scatena, hice un análisis preliminar del banco de semillas del suelo en el bosque de las cuencas hidrográficas de Bisley. El trabajo fue realizado en junio 1991.

Para efectuar el análisis, sacamos 20 muestras de suelo de 38.5 cm^2 y 15 cm de profundidad cada una a lo largo de 2 transectos que ya son utilizados para otros estudios en el bosque. Luego, cada una de las muestras fue colocada en un envase en cuyo fondo había sido puesta arena esterilizada para facilitar el drenaje. Para inducir a la germinación del número más grande de semillas, el suelo fue desmoronado y entonces esparcido sobre la arena.

La germinación empezó en una semana. Después de un mes logramos identificar con la ayuda del técnico Alejo Estrada, las especies arbóreas *Cecropia peltata* y *Psychotria berteriana*, los bejucos *Mikania cordifolia* e *Ipomoea indica*, la monocotiledónea herbácea *Scleria*, bien como las dicotiledóneas herbácea *Phytolacca*, *Sauvagesia* y *Pilea*. El promedio de semillas germinadas fue de 50.15 por envase, lo que resulta en 13,026 por m^2. La desviación estandard fue 29.95 entre los envases ó 7,780 por m^2. Entre las semillas germinadas, más de 90% estuvo representada por la dicotiledónea herbácea *Pilea*.

Este trabajo levantó una serie de nuevas preguntas relativas a la dinámica vegetal en el área de Bisley. La posibilidad de que se realice una investigación más profunda y a lo largo de algunos años para aclarar estas preguntas está bajo estudio.

EL PAPEL DE LAS PROPIEDADES SUBTERRÁNEAS DEL BOSQUE EN LA CONSERVACIÓN DE NUTRIENTES DESPUÉS DE PERTURBACIONES EN EL BOSQUE EXPERIMENTAL DE LUQUILLO

Whendee L. Silver
Escuela de Dasonomía y Estudios Ambientales
Universidad de Yale

Para estudiar el efecto de disturbios en la conservación de nutrientes creé dos claros de 32 m x 32 m cada uno en el bosque montano bajo muy húmedo en Puerto Rico. Comparé raíces, suelo y regeneración vegetal como sitios donde se absorben y almacenan nutrientes en períodos inmediatamente después del disturbio, cuando el bosque está más susceptible a perder los nutrientes. También continué el estudio a largo plazo para ver el efecto de la regeneración vegetal. Los cambios en los nutrientes del suelo dentro del claro fueron similares a los cambios en el bosque maduro de control. La biomasa de raíces finas no comenzó a disminuir significativamente en la superficie del suelo hasta dos meses después de la creación del claro. Dentro de los claros no hubo efecto inmediato en las raíces por el paso del huracán Hugo, 2.5 meses después de la creación del claro. Sin embargo, la biomasa de raíces disminuyó tanto en el claro como en los controles poco a poco como consecuencia del huracán y no hubo aumento hasta varios meses después. Considero que estos cambios surgieron a causa de cambios climáticos y no a causa inmediata del huracán. Se utilizaron trincheras para estudiar la tasa de descomposición de raíces y los cambios asociados en los nutrientes. Al cabo de un año, cantidades significativas de biomasa de raíces permanecían en el suelo. La tasa relativamente lenta en la descomposición de raíces y en la pérdida de nutrientes, acoplado a la regeneración rápida de la vegetación (tanto aérea como subterránea), funcionan como mecanismos importantes en la conservación de nutrientes en este bosque tan dinámico.

INVESTIGACIÓN DE VIDA SILVESTRE EN TRES TIPOS DE BOSQUE

Wayne J. Arendt
Biólogo de Vida Silvestre

Mi investigación continúa al nivel poblacional y de especies para determinar los efectos sobre la población de aves de los mayores disturbios en el habitáculo dentro del Bosque Experimental de Luquillo (BEL) causados por el huracán Hugo.

RESPUESTAS POBLACIONALES DE LAS AVES DEL BOSQUE EN HABITÁCULOS AFECTADOS POR EL HURACÁN

Aves frugívoras y nectívoras

Todas las aves del bosque dependen directa o indirectamente de la vegetación para su supervivencia. Los ciclos de vida y la supervivencia de las especies frugívoras y nectívoras están directamente ligadas a los ciclos de vida de las plantas del bosque. Es sabido que las poblaciones de estas aves declinan luego de disturbios significativos del habitáculo causados por desastres naturales tales como sequías y huracanes. Dos años después del huracán Hugo las poblaciones de frugívoros y nectívoros en el BEL han experimentado respuestas diversas en tres tipos diferentes de bosques (Fig. 1, página 20). Los primeros se han recuperado bien y se están reproduciendo en los bosques de Palo Colorado y Bosque Enano. Los números bajos de reinas moras y la virtual ausencia de comeñames en el bosque de Palo Colorado (Fig. 1a, página 20) refleja una depredación seria y una competencia de interferencia con la sobreabundante población del depredador de aves *Margarops fuscatus* en el área (Fig. 1a, página 20). Aún cuando frugívoros se están reproduciendo en una parcela de especies mixtas de árboles, sus números se mantienen bajos debido a la lenta regeneración llevándose a cabo. La vegetación de la parcela de árboles mixtos sufrió daños extensivos.

Las tres especies de nectívoros del BEL prefieren diferentes habitáculos. Así las poblaciones de diferentes especies varían grandemente dentro de los tres tipos de bosque estudiados. Aún cuando cada especie muestra señales de anidaje y reproducción en su habitáculo preferido (Fig. 1b, página 20), las poblaciones de nectívoros se mantienen bajas en las parcelas de especies mixtas de árboles y en el Bosque Enano, los que sufrieron daños considerables por el paso del huracán.

Aves Insectívoras

Contrario a los anteriores, varias aves insectívoras sobreviven y se reproducen luego de disturbios significativos del habitáculo alimentándose de insectos depredadores y fitófagos. Varias poblaciones de insectos incrementan sus números luego de grandes disturbios del habitáculo como respuesta al aumento de la regeneración vegetal. Al igual que los nectívoros del bosque, diferentes clases de insectívoros–tanto los que primordialmente capturan su presa volando y los que la toman de diferentes sustratos–prefieren diferentes habitáculos. Así varias especies de las dos clases de insectívoros que se encuentran en el BEL están notablemente ausentes de entre los tres tipos de bosques (Fig. 2, página 21).

Dos años después del huracán todavía se han mantenido las poblaciones de ambos tipos de insectívoros. Aún cuando hay picos notables en las seis gráficas, estos corresponden a períodos reproductivos; las poblaciones de insectívoros son más estables a través de todo el año, mostrando mucho menos fluctuaciones que los frugívoros y nectívoros (Fig. 1, página 20).

Especies "Tramp" y las Aves Migratorias de Norteamérica

Las poblaciones del BEL de las tres especies generalistas con habilidades colonizadoras superiores–reinita común, zorzal de patas coloradas y el zorzal pardo o truche–han respondido tal como predice la teoría de *"aves tramp"* de Jared Diamond. Cada especie ha recuperado su tamaño, mantenido sus poblaciones y se está reproduciendo en su(s) habitáculo(s) preferido (Fig. 3a, página 22). Más importante aun, esta teoría predice que las especies *"super-tramp"*, como el zorzal pardo, siendo hábiles para invadir áreas ricas en diversidad de especies luego de disturbios mayores, será extirpado a medida

que la comunidad de aves original se reponga luego del disturbio general. Un excelente ejemplo de este fenómeno se muestra en la parcela de especies mixtas de árboles (Fig. 3a, página 22). El zorzal pardo fue visto al día siguiente del paso del huracán Hugo en esta área, la cual fue severamente dañada. Su población aumentó en noviembre de 1989, como respuesta a un recrecimiento general de la vegetación y un periodo en que los insectos eran notablemente numerosos en el área. Para febrero de 1990, sin embargo, el zorzal desapareció del área a medida que otras especies retornaban en grandes números. Ni un sólo individuo fue detectado en el área durante el pasado año y medio.

Contrario a los insectívoros residentes de BEL, las poblaciones de reinitas migratorias parulinas se mantienen bajas en los tres tipos de bosque estudiados (Fig. 3, página 22). El monitoreo de aves migratorias continuará en los principales tipos de bosque.

Investigación en Especies Individuales

Usados particularmente, métodos censuales de poblaciones de aves, tales como conteos mensuales, sirven meramente como índices o medidas cualitativas que usan los administradores de vida silvestre para detectar, seguir y responder a fluctuaciones potencialmente dañinas en poblaciones de aves en los bosques. Sin embargo, usadas en conjunto con la más cuantitativa información producida en los estudios del ciclo de vida de especies individuales, los datos de censos poblacionales pueden ser usados para demostrar información más útil y detallada acerca del ciclo de vida y ecología de varias especies simultáneamente. Por ejemplo, estudios del zorzal de patas coloradas y del zorzal pardo en el BEL antes y luego del paso del huracán Hugo mostraron que durante la primer temporada reproductiva (1990), luego del disturbio, ambas especies comprimieron su época de anidamiento normal de 6 y 9 meses, respectivamente, a una de 3 y 4, postergando la reproducción tanto como 6 meses (zorzal pardo). El análisis de los censos de ambas aves usando sólo los datos de aves que cantaban, excluyendo las vistas u oídas no cantando, reveló que los meses cuando cantaban correspondía grandemente a la delineación de los períodos de reproducción de estas especies tal como lo confirman estudios de anidaje. Una revisión de las figuras 1 a la 3 muestra que varias especies de aves del bosque intentaron reproducirse en la primera temporada reproductiva luego del huracán Hugo y aún más importante, la temporada reproductiva de muchas especies fue comprimida durante el primer año (1990) y se prolongó durante 1991 después del paso del huracán, sugiriendo que la comida y otros recursos estuvieron accesibles durante un período mayor durante el segundo año. Además, el análisis de los datos de conteo usando sólo aves cantando señaló un segundo intento de reproducción de varias especies de aves en el bosque. Este segundo esfuerzo reproductivo ocurrió desde agosto del 1990 hasta fin de año en la mayoría de estas especies y hasta entrado el 1991 en algunas de éstas, como el zorzal pardo. Una vez más, estudios de anidaje confirmaron el segundo intento reproductivo tanto como para el zorzal de patas coloradas como para el zorzal pardo.

INVESTIGACIÓN EN VIDA SILVESTRE

Joseph M. Wunderle, Jr
Biólogo en Vida Silvestre

Durante el año pasado se continuó con dos estudios a largo alcance y fueron completados dos proyectos en vida silvestre. Hemos continuado nuestro estudio fenológico de plantas que producen frutos y semillas usadas por la cotorra puertorriqueña en peligro de extinción (este estudio está ahora en su quinto año). También hemos continuado por tercer año consecutivo un estudio en el uso del hábitat y la biología poblacional de la reinita azul invernando en Puerto Rico. Hemos completado el trabajo de campo y el análisis preliminar del impacto del huracán Hugo sobre las poblaciones de pájaros y una revisión sustancial del nivel de habilidad en el forrajeo según la edad en aves, todo lo cual se detalla a continuación.

EL EFECTO DEL HURACÁN HUGO EN LAS POBLACIONES DE AVES EN UN BOSQUE PLUVIAL DE PUERTO RICO: EL PRIMER AÑO Y MEDIO

Tal como fue resumido en la carta anual del año pasado, el huracán Hugo causó daño sustancial al dosel y al sotobosque del Bosque Experimental de Luquillo. Poblaciones de pájaros fueron muestreadas en intérvalos de dos a tres semanas usando redes, empezando 2 semanas después del paso del huracán Hugo y continuando por un año y medio (concluído en abril de 1991). Estos resultados fueron comparados con un estudio de referencia completado antes del huracán (Fig. 1, página 24). La captura de aves fue inicialmente mayor inmediatamente después que antes del huracán, pero luego declinó hasta los niveles del estudio de referencia 50 días después de la tormenta. La captura de aves llegó a su mayor nivel 120 días luego de la tormenta, correspondiendo con la producción de frutas en claros establecidos en el bosque originalmente. A los 200 días luego del huracán, la captura de aves retornó a los niveles anteriores al huracán, a medida que la producción de frutas declinaba en estos claros preexistentes y una mayor cantidad de renuevos permitía a muchas especies moverse sobre el nivel de las mallas a alimentarse en el dosel remanente. Sin embargo, el patrón de cambio poblacional difirió entre las diferentes especies. Por ejemplo, una declinación notable se observó en una especie (paloma perdiz); cuatro especies aumentaron (zorzal pardo, chamorrito, comeñame y zorzal de patas coloradas), cinco especies experimentaron un aumento inicial seguido de una disminución hasta los niveles originales (llorosa, San Pedrito, Julian-chivi, reinita de parula y reinita azul), mientras que las especies restantes no mostraron ningún patrón definido. Por lo tanto, aparentemente la mayor cantidad de nomadismo y movimiento sin rumbo fijo inducido por el huracán ocurrió entre los 200 días siguientes a la tormenta y después de ello, los pájaros parecían responder a los cambios en la sucesión de la comunidad de plantas.

Nuestros estudios recientes sobre impacto de huracanes en islas del Caribe nos han permitido identificar las poblaciones terrestres de aves y los hábitats en mayor riesgo de huracanes (Haney *et al.* 1991, Ackerman *et al.* 1991). Por ejemplo, las aves en poblaciones montañosas están mas predispuestas a declinar que las poblaciones en zonas bajas. Las declinaciones en poblaciones montañosas son más probables en nectívoros y en aves que se alimentan de frutas y semillas y menos probables en insectívoros. El hecho de que los declives en las poblaciones de aves están relacionadas a su dieta indica que el mayor impacto del huracán ocurre luego de su paso, en vez que por el paso de éste en sí mismo. Incrementos en las poblaciones en algunos hábitats bajos luego del huracán pueden ser atribuídos a nomadismo, migración, o a la presencia de residentes del dosel a nivel del piso. Debido a que la vegetación se recupera más rápidamente en las áreas bajas y en las de crecimiento secundario jóvenes, muchos pájaros se congregan allí después del paso de la tormenta.

Estos hallazgos tienen implicaciones importantísimas para la conservación de la vida silvestre en las zonas de huracanes (Wunderle *et al.* 1991). Para empezar, reservas forestales efectivas requieren corredores hacia las áreas bajas y los bosques bajos a donde puedan emigrar luego de los huracanes las aves nectívoras y las que se alimentan de semillas y frutos. Las reservas forestales de las áreas bajas son esenciales como refugio para la supervivencia de muchos de los habitantes montanos luego del paso de un huracán. Debido a que la rápida recuperación en la vegetación de las zonas bajas y los parchos de crecimiento secundario joven

permiten una producción de frutas y flores relativamente rápida, estos sitios son importantes para la supervivencia de muchas especies de vida silvestre el los bosques del caribe.

NIVEL DE HABILIDAD EN EL FORRAJEO DE AVES SEGÚN LA EDAD

El hecho de que muchos pájaros exhiben una alta mortalidad durante su período juvenil sugiere que esta es una etapa crítica en su ciclo de vida. Muchadeesta mortalidad juvenil puedeseratribuída a una falta de destrezas en algunos aspectos del comportamiento, particularmente aquellos relacionados al forrajeo. En una revisión de la literatura sobre el nivel de habilidad de aves según la edad (Wunderle *et al.* 1991), he encontrado que en 60 especies diferentes, los juveniles eran menos habilidosos en el forrajeo que los adultos y que usaban diferentes técnicas para compensar por esta carencia de habilidad. Se encontró que los juveniles eran menos habilidosos que los adultos en algunos o todosde losestadosde secuencia de forrajeo-selección de sitios de alimentación, patrones de búsqueda, reconocimiento y selección de comida y técnicas de captura y manejo. Algunas veces los juveniles compensaban por su falta de habilidad y diferencia con los adultos alimentándose en diferentes sitios, seleccionando diferentes tipos y tamaños de comida, usando diferentes métodos de captura, recurriendo a la piratería y/o uniéndose a grupos de forrajeo. A pesar de los "esfuerzos" de los juveniles para compensar por su falta de habilidad en este aspecto, los juveniles muestran una mortandad más alta y muchos postergan la reproducción, a veces por varios años.

Es probable que gran parte de la mortandad de la cotorra puertorriqueña luego del paso del huracán Hugo pueda ser atribuído a la falta de habilidad en el forrajeo por las cotorras juveniles. La ausencia de frutas y semillas luego del paso del huracán pudo haber tenido un efecto desproporcionado en los individuos menos habilidosos en el forrajeo, así aumentando el riesgo de desnutrición y exposición a depredadores. Si supiésemos más sobre las estrategias usadas por las cotorras juveniles para compensar por esa falta de habilidad en la alimentación, podríamos desarrollar estrategias de manejo para reducir el impacto de escasez alimenticia inducida por huracanes en especies en peligro de extinción.

Entendiendo el desarrollo del comportamiento de forrajeo es también un punto clave para la liberación exitosa de especies criadas en cautiverio, como la cotorra puertorriqueña. Al conocer la edad a la cual los juveniles adquieren las mismas habilidades de los adultos, los administradores pueden determinar la edad óptima de liberación de especies amenazadas criadas en cautiverio. Finalmente, el conocimiento de cómo los juveniles adquieren capacidades de adulto en su nivel de habilidad de forrajeo facilitara a los manejadores el desarrollar programasde entrenamiento para ayudar a los animales en cautiverio a obtener las mismas habilidades de alimentación que suscontrapartes en libertad.

LITERATURA CITADA

Ackerman, J.D., L.R.Walker, F.N. Scatena y J.M.Wunderle. 1991. Ecological effects of hurricanes. Bulletin Ecological Society of America 72:178-180.

Haney, J.C., J.M.Wunderle, Jr. y W.J.Arendt. 1991. Some initial effects of Hurricane Hugo on endangered and endemic species of West Indian birds. American Birds 45:(2):234-236.

Wunderle, J.M. 1992. Age specific foraging proficiency in birds. Current Ornitology 8:273-324.

Wunderle, J.M., R.B.Waide y D.J. Lodge. 1991. Hurricanes and Caribbean birdlife: implications for conservation. Published abstract, congress on conservation of Caribbean biodiversity. Santo Domingo, Dominican Republic.

APLICACIÓN DE AVANCES TECNOLÓGICOS A LA INVESTIGACIÓN FORESTAL EN EL INSTITUTO DE DASONOMÍA TROPICAL

A.J.R. Gillespie
Estadístico

El Instituto hizo avances importantes en aplicaciones tecnológicas para la investigación forestal.

Las brigadas que estudian el efecto del huracán Hugo se entrenaron en el uso de registros digitales de campo que no son otra cosa que ordenadores portátiles que se utilizan para entrar los datos en el campo. Los ordenadores portátiles se pueden programar en una variedad de formas y lenguajes. Nosotros utilizamos el lenguaje BASIC. Además de aceptar datos, los ordenadores se pueden programar para que verifiquen los datos inmediatamente que se entran y pueden intercambiar datos y programas con los ordenadores DOS en el Instituto. El uso de estos ordenadores portátiles ya se ha verificado con éxito en una variedad de condiciones ambientales incluyendo condiciones calientes, húmedas, y lodosas. La tecnología está lista para ser transferida a cualquier colaborador en los trópicos.

El Instituto adquirió un sistema de Información Geográfica (GIS). El sistema incluye versiones de PC-DOS de ARC/INFO Y ERDAS, operando en una IBM portable PS/70. El sistema se diseñó portable para ser transportado a cooperadores y para demostraciones. Contamos con una mesa digitalizadora y un monitor a colores tamaño grande para uso sedentario en la oficina. El sistema será utilizado en una variedad de proyectos en Puerto Rico, Brazil, y posiblemente en otras áreas. Además esperamos adquirir SPANS, un programa de modelaje espacial. Esta adquisición será bajo el auspicio de un acuerdo cooperativo con la Universidad de Puerto Rico. La capacidad analítica de estos sistemas se incrementará con la adquisición de dos programas adicionales para análisis espaciales. Estos son Space Stat de la Universidad de Santa Bárbara y GEO-EAS de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América.

Finalmente, la red de computación del Instituto se ha mejorado con la adquisición de varios ordenadores DOS y Macintosh, con el establecimiento de una red para el uso de impresores laser y con la extensión del acuerdo cooperativo con la Universidad de Puerto Rico, el cual nos brinda acceso a su ordenador central VAX. Entre otras ventajas, el ordenador VAX nos da acceso a comunicaciones INTERNET Y BITNET.

OPERACIÓN GLOBAL DE SISTEMA DE POSICIÓN EN UN BOSQUE HÚMEDO TROPICAL

Gilbert Rochon
Ayudante de Profesor y Director
Laboratorio Telesensorial y de Información Geográfica
Universidad Dillard

Como resultado de un acuerdo cooperativo entre el Servicio Forestal de los Estados Unidos de América y la Universidad de Dillard, fundada en New Orleans en 1869, están colaborando estudiantes y facultad de la Universidad con científicos de la Estación Experimental de los Bosques del Sur. Personalmente recibí una posición como investigador invitado con el Instituto de Dasonomía Tropical en Río Piedras, Puerto Rico. Para ocupar este cargo recibí sabática de mi posición en Dillard y en el Centro Espacial Stennis de la NASA.

El verano pasado experimentamos con un sistema de posición global "Trimble Pathfinder", obtenido en préstamo por la NASA y la Unidad de Inventarios Forestales en Starkville, Mississippi. El equipo se utilizó para hacer georeferencias de puntos en los bosques públicos de Puerto Rico: Luquillo, Guánica, Maricao y Susúa. El Dr. William Cibula de la NASA, científicos y técnicos del Instituto colaboraron en este trabajo.

El objetivo eventual es la instalación de una estación con sistema de información geográfica, en coordinación a una base de datos espaciales e imágenes derivadas por control remoto de plataformas espaciales y datos ecológicos específicos coleccionados por científicos del Instituto y sus colaboradores. La capacidad de análisis espacial propuesta será de beneficio a los programas de estudios ecológicos a largo plazo llevados a cabo en colaboración con la Fundación Nacional de Ciencias y la Universidad de Puerto Rico.

ESTUDIO DE RODALES AFECTADOS POR EL HURACÁN HUGO

A.J.R. Gillespie, S. Molina y S. Alemañy
Estadístico, Botánico y Dasónomo Forestal

Cuando el huracán Hugo pasó sobre el Bosque Experimental de Luquillo, afectó cuatro regiones donde el Instituto había ubicado parcelas experimentales. Estas parcelas habían sido establecidas hace más de 50 años y cubrían una extensión de terreno considerable. Por lo tanto, tuvimos la oportunidad de evaluar aspectos geográficos del efecto del huracán. Durante el 1990-91 implementamos un programa para relocalizar, medir y re-establecer todas las parcelas. Los objetivos fueron: (1) evaluar el efecto del huracán sobre el bosque, (2) determinar el crecimiento de árboles, rendimiento de madera y mortalidad hasta el momento en que pasó el huracán y (3) darle mantenimiento a las parcelas para continuar estudiando la respuesta del bosque en el futuro.

El proyecto requirió que primero se identificasen y entrenasen brigadas de trabajo compuestas de tres técnicos forestales cada uno, desarrollo de un plan de trabajo y manuales de instrucciones, incluyendo programas estadísticos para los ordenadores de campo y oficina. Se midieron 250 parcelas incluyendo unos 10,000 árboles.

Se utilizó un sistema de evaluación de daño con seis categorías: (1) ningún daño, (2) defoliación, (3) pérdidas de ramas pequeñas, (4) pérdida de ramas grandes, (5) tallos partidos, y (6) árbol volteado (raíces expuestas). Cada árbol se clasificó de acuerdo al peor de los daños recibidos. Análisis preliminar de datos de un sector (Sabana 8) sugieren que: (1) la mayoría de los árboles sin daño eran los pequeños (<como 20 cm dap), (2) la pérdida de ramas (grandes o pequeñas) fue similar (20 a 40%) en todos los árboles hasta un dap de 65 cm, (3) casi todos los árboles mayores de 70 cm dap sufrieron pérdida de ramas grandes pero nada más severo, (4) el volteo afectó de 10 a 20% de los tallos hasta 70 cm dap y (5) troncos partidos fue el efecto menos observado (5 a 10% de los tallos hasta 55 cm dap [fig. 1, página 28]).

INVESTIGACIÓN DE LA COTORRA

Marcia Wilson
Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos.
Centro de Investigación de Vida Silvestre de Patuxent

PRODUCTIVIDAD Y POBLACIÓN DE LA COTORRA PUERTORRIQUEÑA - POBLACIÓN SILVESTRE

En 1991, con fondos y trabajadores adicionales para laborar en la recuperación de la cotorra, la población silvestre produjo 6 nidos exitosos, un récord para los últimos 23 años. La recuperación de la cotorra desde el huracán Hugo ha sobrepasado la productividad de años anteriores en otras áreas. Como ejemplo, el primer nido descubierto en una cavidad natural mejorada y un nido encontrado en una especie no usada con anterioridad, el tabonuco *(Dacryodes excelsa).*

Biólogos del Servicio Forestal y del Servicio de Pesca y Vida Silvestre contaron en un censo de 22 a 23 cotorras antes de la temporada reproductiva (octubre de 1990). La población aumentó a 30 individuos para el verano siguiente (septiembre de 1991). Seis parejas reproductivas produjeron 20 huevos, sin embargo, solo 10 eclosionaron. Dos pichones se desarrollaron pobremente y murieron. Todos, a excepción de 1 de los 8 pichones sobrevivientes, abandonaron el nido exitosamente. Un pichón se cayó de una estructura plástica de un nido artificial, pero se recuperó luego de ser puesto en el aviario de Luquillo junto con la población cautiva.

IDENTIFICACIÓN DE COTORRAS INDIVIDUALES MEDIANTE ANÁLISIS DE VOCALIZACIONES

El reconocimiento individual basado en vocalizaciones ha sido demostrado con varias especies de aves que anidan en colonias. Basado en observaciones generales, experimentos de reproducción de sonido grabado y en examinación del llamado mas común usado por la cacatúa coliblanca de pico corto (Saunders 1983) se demostró que era posible identificar cacatúas individuales por sus llamados (*"call notes"*). De la misma manera, Snyder *et al.* (1987), sugirieron que es posible que cotorras puertorriqueñas puedan reconocerse unas a otras basándose en las vocalizaciones. Así, el objetivo de esta investigación es determinar si la identidad de individuos puede ser confirmada mediante análisis de voces.

La vocalización de 7 parejas reproductivas conocidas de cotorras silvestres fue grabado durante las temporadas reproductivas de 1987 al 1991, de enero a julio. La identificación fue basada en características morfológicas y anillos en las patas. Todas las vocalizaciones hechas en el área del nido fueron grabadas desde refugios ocultos. Se usarán sonografías para distinguir diferencias en la estructura de la vocalización y en la sintaxis de secuenciasa duo y desólos. Resultados preliminares, basados en una inspección visual de estos sonogramas, han demostrado diferencias definitivas en los tipos de vocalización entre las cotorras anidando en la parte oriental y occidental de las montanas de Luquillo. Un análisis detallado esta en camino en estos momentos.

LITERATURA CITADA

Saunders, D.A. 1983. Vocal repertorie and individual recognition in the short-billed, white-tailed black cockatoo, *Calyprtorhynchus funereus latirostris* Caraby. Australian Wildlife Research 10:527-536.

Snyder, N.F.R., J.W.Wiley y C.B.Kepler. 1987. The parrots of Luquillo: natural history and conservation of the Puerto Rican parrot. Western Foundation Vertebrate Zoology. 384 p.

DINÁMICA DE ECOSISTEMAS EN UNA CRONOSECUENCIA DENTRO DE DERRUMBES EN EL BOSQUE EXPERIMENTAL DE LUQUILLO

Dan Zarin y Art Johnson
Departamento de Biología
Universidad de Pensilvania

Se han coleccionado sobre 400 muestras de suelo representando más de 150 perfiles en 22 sitios en secuencia cronológica dentro de derrumbes en el Bosque Experimental de Luquillo. Los sitios están ubicados en el bosque de Palo Colorado a elevaciones de 600 a 800 m y están en la formación geológica Río Blanco de origen terciario y composición intrusiva de cuarzo-diodorita. La edad de los derrumbes se determina por medio de fotos aéreas en colaboración con el Servicio Geológico de los Estados Unidos de América y trabajo de campo. Agrupamos los sitios en seis edades de acuerdo a cuando aparecen en las fotos aéreas: 1986-1991, 1972-1979, 1951-1964, antes del 1936, derrumbes más viejos y bosque maduro en áreas relativamente planas en la base de derrumbes. Al muestrear los perfiles, coleccionamos la hojarasca y capa de raíces, de estar éstos presentes. En el centro de cada derrumbe ubicamos una calicata con dimensiones de 50 cm x 50 cm . Coleccionamos muestras a las siguientes profundidades: 0 a 10 cm, 10 a 35 cm y 35 a 60 cm. Seis muestras adicionales son coleccionadas en cada lugar usando un muestreo estratificado al azar. En estos lugares tomamos muestras de superficie y de subsuelo. Arboles $\geq$ 10 cm dap son identificados, medidos y marcados para observación futura.

Estamos en el proceso de análisis de datos. Nuestro objetivo es determinar qué cambios ocurren a través del tiempo, interdependientemente y la variabilidad de los siguientes parámetros: (1) condición nutricional incluyendo el total de nutrientes en la vegetación y suelo y los nutrientes disponibles en el suelo, (2) biomasa aérea y subterránea y materia orgánica en el suelo y (3) estructura del suelo incluyendo densidad, textura, y macroporosidad.

PROGRAMA DE MANEJO PARA LA POBLACIÓN SILVESTRE DE LA COTORRA PUERTORRIQUEÑA

Francisco J. Vilella
Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre
Proyecto Cotorra Puertorriqueña

La temporada de 1991 fue una particularmente difícil, aunque de gran satisfacción. Un total de 8 personas estuvieron envueltas en el trabajo de campo relevante al manejo y monitoría de la población silvestre de cotorras. El grupo se componía de 4 miembros del proyecto, asistidos por 4 voluntarios reclutados del programa de la *Student Conservation Association*. Entre el 1 de enero y el 10 de agosto, un total de 10,240 horas fueron empleadas en el campo manejando y supervisando 6 nidos de cotorra.

El 1991 fue un año notorio por el número de precedentes establecidos en el proyecto. El total de 6 nidos activos fue una nueva marca en 23 años de proyecto. Desde que comenzaron los esfuerzos de conservación en el 1968, no más de 4 nidos en un mismo año habían sido exitosos en producir pichones. Cuatro de estos 6 nidos se encontraron en cavidades y/o áreas no utilizadas previo al 1991. Dos de estos 4 fueron encontrados en árboles cuyas cavidades habían sido mejoradas el año anterior por los técnicos del Servicio Forestal ubicados en el Bosque Nacional del Caribe (Bosque Experimental de Luquillo). Nunca antes se había registrado una respuesta reproductiva al siguiente año de mejorar cavidades que no se habían usado previamente. De los otros 2 nidos nuevos, uno de ellos fue el primer récord de cotorras anidando en el arbol de tabonuco. Este nido ocurrió en una cavidad de particular interés por la especie de arbol, la altura y estructura de la cavidad, y el hecho de ocurrir a baja elevación (381 metros) en tipo de bosque de carácter ecotónico. Un total de 20 huevos fueron producidos, aunque solo eclosionaron 10 de estos. De los 10 pichones producidos, 2 exhibieron una ontogenia pobre y murieron. Todos, menos uno de los 8 restantes, volaron exitosamente en el bosque. El pichón que no lo hizo fue internado en el aviario de Luquillo después de una serie de intentos prematuros de salir de la cavidad. Desgraciadamente, no se contribuyeron pichones de la población cautiva este año para suplementar las camadas silvestres. Sin embargo, 7 volantones naturales es promedio para la población silvestre en los últimos 4 años (1987-1990).

Una serie de nuevas estrategias de manejo fueron implementadas este año. Los escondites para observación de nidos han sido rediseñados, siendo ahora mejor camuflageados y portando ventanas con cristal unidireccional. El método de censo ha sido modificado, reimplementando un antiguo método de conteo. Este requiere que el mismo observador opere la plataforma sobre el dosel durante un período de tarde seguido por uno de mañana. Esto aumenta la precisión y el tamaño de la muestra, pero requiere un número constante de observadores experimentados. Finalmente, conseguimos que la industria privada de Puerto Rico donase unas anillas coloreadas mediante revestimiento electrónico y hemos comenzado a marcar individualmente los pichones usando combinaciones de dos anillas por pichón.

LOCALIDAD Y MOVIMIENTO DE COTORRAS PUERTORRIQUEÑAS JUVENILES

Wayne J. Arendt
Biólogo de Vida Silvestre

Resultados de estudios de telemetría conducidos por biólogos del Servicio Forestal de los Estados Unidos y por biólogos del Servicio de Pesca y Vida Silvestre federal (Lindsey *et al.*1991, ver Lindsey y Arendt 1991 para resultados del estudio de técnicas de telemetría) durante las temporadas de anidaje de cotorras de 1985 al 1987 demostró que las cotorras juveniles restringen sus movimientos al valle del área donde nacieron por lo menos 1 a 2 meses luego de abandonar el nido. Luego de unirse a las bandadas de adultos, las cotorras jóvenes, juntamente con los adultos, vuelas rutinariamente entre las pendientes occidentales y orientales de las montañas de Luquillo, pero no se ha observado un patrón temporal de movimiento. Las cotorras juveniles criadas en cautiverio deben tener por lo menos 5 meses para asegurarse de que sean lo suficientemente maduras para unirse a la población silvestre.

LITERATURA CITADA

Lindsey, G.D., W.J. Arendt, J. Kalina y G.W. Pendleton. 1991. Home range and movements of juvenile Puerto Rican Parrots. Journal of Wildlife Management 55:318-322.

Lindsey, G.D. y W.J. Arendt. 1991. Radio-tracking Puerto Rican parrots: assessing triangulation accuracy in subtropical rain forest. Caribbean Journal of Science 27:46-53.

INVESTIGACIÓN DE LA COTORRA: POBLACIÓN CAUTIVA

Teri Sorenson
Aviculturista

RESULTADOS DE LA TEMPORADA DE ANIDAJE DE 1991

La cantidad actual de cotorras puertorriqueñas en cautiverio es de 63, incluyendo 24 individuos machos adultos, 23 hembras adultas y 16 juveniles). Esta cifra incluye 6 pichones producidos y que emplumaron exitosamente durante la temporada reproductiva de 1991. Este año, 7 parejas produjeron huevos, 4 parejas produjeron huevos fértiles y 3 parejas incubaron sus propios huevos y criaron pichones. Tres pichones de dos nidos requirieron ayuda para salir del cascarón (estos pichones salieron del segundo y tercer huevo puesto de un nido y del tercero de otro nido). Los tres pichones eclosionaron exitosamente y fueron retornados a sus nidos de procedencia.

Debido a una emergencia en un nido silvestre, el aviario de Luquillo recibió dos pichones en condición crítica requiriéndo atención medica inmediata. El 26 de abril el pichón mayor del nido SF1 fue traído al aviario sumamente debilitado. Estaba deshidratado, 40 a 50 gramos bajo peso e infectado con larvas de *Philornis* sp. (el primer pichón de ese nido murió el 19 de abril de una condición similar pero mucho más seria). Protuberancias conteniendo 18 larvas fueron tratadas medicinalmente por los siguientes 12 días. El pichón se recuperó totalmente y fue criado a mano hasta su total desarrollo. Actualmente es un miembro saludable dentro de la población cautiva. El 31 de julio el segundo pichón de dos que eclosionaron del nuevo nido de EM fue traído al aviario también subdesarrollado y mal alimentado. A los 44 días de nacido, el pichón pesaba tanto como uno de 17 días (85 gramos) mientras que su hermano se desarrolló normalmente, pesando 320 gramos en ese momento. A pesar de todos nuestros esfuerzos por los siguientes 5 días, una vigilancia de 24 horas y un cuidado intensivo, la condición del pichón siguió deteriorándose hasta su muerte el 5 de agosto. El pichón fue enviado al Laboratorio de Salud de Vida Silvestre Nacional en Madison, Wisconsin, donde una necropsia se llevó a cabo (los resultados están al llegar).

El personal del aviario esta envuelto en proyectos posteriores a la temporada de anidaje para mejorar las facilidades del aviario. Se están también llevando a cabo proyectos en preparación a la temporada de anidaje de 1992. Planeamos tener preparado todo para las parejas reproductivas de 1992 año más tarde del 1ro. de diciembre de 1991.

El 3 de noviembre se transportaron al nuevo aviario de Río Abajo una pequeña cantidad de cotorras dominicanas (*Amazona ventralis*) para que sirvan de indicadoras de las condiciones en el nuevo aviario. La procedencia de las cotorras fue el aviario de Luquillo. Parejas reproductivas se formaron desde la época reproductiva de 1991. Actualmente el aviario de Río Abajo cuenta con una población cautiva de 32 cotorras, de las cuales 26 son adultas y 6 son pichones nacidos en el 1991. Se espera transportar 12 cotorras puertorriqueñas (6 de cada sexo) de Luquillo a Río Abajo para el período reproductivo del 1992.

METODOS DE CAPTURA Y ANILLAJE PARA LA RECUPERACIÓN DE LA COTORRA PUERTORRIQUEÑA

J. Michael Meyers
Biólogo de Vida Silvestre
Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos
Centro de Investigaciones de Vida Silvestre de Patuxent
Grupo de Investigación de Puerto Rico

Los objetivos principales de nuestra investigación son determinar un método seguro y eficaz para marcar cotorras puertorriqueñas (para identificación en el campo) y el probar nuevos radiotransmisores capaces de operar por más de un año. Para lograr esto hemos llevado a cabo estudios en la Estación Experimental de Agricultura Tropical en Mayagüez, en la Central Aguirre y en el faro de Fajardo, todas las localidades en Puerto Rico. Tres especies sustitutas, la cotorra coroniroja *(Amazona viridigenalis)*, cotorra dominicana *(A. ventralis)* y el periquito frenentianaranjado *(Aratinga canicularis)*, fueron usados para probar los marcadores, las técnicas de captura y los radiotransmisores.

Estudios preliminares muestran que mallas de 121 mm puestas a niveles del subdosel (2.3 a 7.5 m) pueden ser usadas con grabaciones de vocalizaciones de cotorras y señuelos vivos para atrapar las aves en forma segura. Además, una trampa de espejo fue diseñada y será probada para determinar su efectividad y su seguridad. Anillos plásticos multicolores para las patas y marcadores especiales para los hombros fueron usados para identificar aves individuales. Los anillos usados fueron de un diseño plano de doble espiral y unidos con dos tipos de pegamento. Estaremos también probando marcadores para los hombros de color rojo y verde para determinar la vulnerabilidad a los depredadores y la detección variable (Rowley y Saunders 1980). Dos tipos de radiotransmisores con una duración de batería predecible de 12 a 15 meses están también siendo probados.

LITERATURA CITADA

Rowley, I. y D.A. Saunders. 1980. Rigid wing-tags for cockatoos. Corella 4:1-1 7.

DISTRIBUCIÓN Y COMPORTAMIENTO DE LAS COTORRAS PUERTORRIQUEÑAS REPRODUCTIVAS Y NO REPRODUCTIVAS

Wylie C. Barrow, Jr.
Biólogo de Vida Silvestre
Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos
Centro de Investigaciones de Vida Silvestre de Patuxent
Grupo de Investigación de Puerto Rico

Después de 20 años de manejo e investigación, se han identificado varios factores que han afectado el éxito reproductivo de la cotorra. De esta manera, el número de individuos en la población cautiva ha aumentado de apenas 14 en la época reproductiva de 1975 hasta 45 a 47 individuos después de la época reproductiva de 1989 (inmediatamente antes del huracán Hugo). A pesar de este aumento, el número de cotorras que están depositando huevos en los nidos se ha mantenido relativamente estable por años. Desde 1976 al 1990, virtualmente los mismos 3 a 5 pares reproductivos han sido responsables por el aumento poblacional de toda la población silvestre. Esta ausencia de representación genética ha sido identificada como la característica más frustrante de la población actual de cotorras puertorriqueñas por Snyder *et al.* (1987). Por lo tanto, la meta principal de este estudio es la de actuar como una investigación con la capacidad de desarrollar las estrategias de manejo mas efectivas para aumentar el reclutamiento de nuevas parejas reproductivas dentro de la población silvestre. Más específicamente, los objetivos de este estudio son determinar: (1) la distribución de las parejas reproductivas y las no reproductivas durante el período de anidaje, (2) los patrones de actividad de las parejas no reproductivas en relación con las reproductivas y (3) las características del microhabitáculo de los territorios de anidaje y las áreas de actividad de las cotorras no reproductivas.

Los investigadores usan plataformas al nivel del dosel de los árboles y fotografías panorámicas infrarrojas para trazar mapas de los límites territoriales e identificar las áreas de actividad que serán estudiadas más tarde en sus características de microhabitáculo. Desde las plataformas, los biólogos han sido capaces de coleccionar datos relativos a patrones de movimiento y comportamiento (interacciones vocales y físicas) tanto de las cotorras anidando y de las que no anidan. Esta fase del estudio ha sido completada recientemente para la temporada reproductiva de 1991. Los biólogos están ahora muestreando las características de las áreas usadas más frecuentemente entre los territorios de reproducción y de no anidaje. Dependiendo de los resultados del trabajo de campo, el estudio puede ser extendido para que incluya las temporadas de 1992 y 1993.

LITERATURA CITADA

Snyder, N.F.R., J.W. Wiley y C.B. Kepler. 1987. The parrots of Luquillo: natural history and conservation of the Puerto Rican parrot. Western Foundation Vertebrate Zoology. 384 p.

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

Frank H. Wadsworth
Dasónomo

Con el reconocimiento que la transferencia de tecnología es un problema que debe incluírse en el programa del Instituto, se me ha asignado esta tarea la cual describe mejor mi trabajo que la designación anterior de estudios especiales. Un logro, este año, ha sido el envío del manuscrito del libro sobre "Producción Forestal para Latinoamérica" a los editores de la Estación para que se complete su elaboración y se imprima. El texto ya se completó y los detalles que faltan son de índole editorial como es la generación del índice.

Por once años consecutivos he editado la revista ISTF NEWS, la publicación oficial de la Sociedad Internacional de Dasónomos Tropicales (SIDT). Esta revista se envía a más de 2,000 miembros ubicados por todo el mundo y consta de 12 a 20 páginas por volumen, con contenido técnico además de noticias. Genero el contenido revisando toda la información que llega a la oficina central de la Asociación en Maryland y al Instituto en Puerto Rico. Más de 100 artículos son extraídos de esta información. El propósito es el de cerrar el hiato en comunicaciones que existe entre los dasónomos tropicales. Incluímos anuncios de eventos importantes y descripciones breves de publicaciones importantes y de interés a la membresía. Uno de los números anuales contiene un listado de todos los miembros y sus direcciones.

Este año participé en cuatro consultorías técnicas. Fui coeditor de un taller de trabajo de 10 días en silvicultura tropical auspiciado por el grupo de silvicultura de la Comisión Forestal Norteamericana de la FAO. Participaron 25 dasónomos mejicanos y guatemaltecos y se llevó a cabo en Escarpada, Campeche, Mexico. Participé en una misión de tres semanas con otro miembro de la SIDT, el Dr. Henry Tschinkel, para evaluar el establecimiento de una estación de investigación en Bekit Baka, Kalimantan Occidental. El proyecto es de US AID. También con el doctor Tschinkel, escribí una evaluación ambiental y un documento de trabajo en apoyo a ayuda técnica en el campo forestal de US AID a Panamá. Continué además colaborando con ayuda técnica en el programa de industriales forestales menores del Instituto de Recursos Naturales Caribeños en Dominica. Este trabajo incluyó demostraciones de campo sobre técnicas de libración de árboles para mejorar su crecimiento.

En Puerto Rico continué ayudando al Servicio Forestal local en el desarrollo de planes de manejo para sus bosques estatales. Además proveí material para justificar una industria maderera en Puerto Rico. Esto fue a iniciativas de la Cámara de Comercio de Puerto Rico. Dicté conferencias sobre dendrología y silvicultura en la Universidad de Puerto Rico en Río Piedras. Sobre una décima parte de mi tiempo fue dedicado al plan de manejo del Bosque Experimental de Luquillo, también conocido como el Bosque Nacional del Caribe. Y por 39 años consecutivos, le di entrenamiento a los consejeros del equipo de la naturaleza de los Niños Escuchas de América. Este entrenamiento consta de cuatro fines de semana de trabajo preparatorio en asuntos especializados y técnicos sobre la conservación y manejo de la naturaleza.

En los Estados Unidos de América ofrecí talleres de trabajo a dos grupos con interés en la conservación de bosques tropicales: Leñadores por la Protección de los Bosques Tropicales y la Asociación Internacional de Productos de Maderas Duras. Mi enfoque está basado en mecanismos para asegurar el uso sustentable de los bosques tropicales. Además, diserté sobre oportunidades en la dasonomía tropical en el laboratorio de productos forestales en Madison, Wisconsin y en la Eescuela de Dasonomía en Ames, Iowa.

1990-91
Annual Letter
PUBLICATIONS
Southern Forest Experiment Station
Institute of Tropical Forestry
USDA Forest Service
Call Box 25000
Rio Piedras, PR 00928-2500

To obtain copies of publications indicated as available for distribution, please return this request form to the address above with your circled publications.

Para obtener copias de las publicaciones indicadas como disponibles para distribución, favor de circular el número deseado y devolver esta forma a la dirección arriba indicada.

001	013	025	037	049	061	073	085	097	109	121	133	145
002	014	026	038	050	062	074	086	098	110	122	134	146
003	015	027	039	051	063	075	087	099	111	123	135	147
004	016	028	049	052	064	076	088	100	112	124	136	148
005	017	029	041	053	065	077	089	101	113	125	137	149
006	018	030	042	054	066	078	090	102	114	126	138	150
007	019	031	043	055	067	079	091	103	115	127	139	
008	020	032	044	056	068	080	092	104	116	128	140	
009	021	033	045	057	069	081	093	105	117	129	141	
010	022	034	046	058	070	082	094	106	118	130	142	
011	023	035	047	059	071	083	095	107	119	131	143	
012	024	036	048	060	072	084	096	108	120	132	144	

Our regulations require that our mailing list be updated annually. IF ANY CORRECTION OF YOUR ADDRESS IS NECESSARY, PLEASE INDICATE BOTH YOUR CONTENT AND PREVIOUS ADDRESS AS OUR ADDRESSES ARE FILED BY GEOGRAPHICAL LOCATION.

Nuestros reglamentos requieren que la lista de distribución sea revisada anualmente. DE SER NECESARIO CORREGIR SU DIRECCION, FAVOR DE INDICARNOS TANTO SU DIRECCION ACTUAL COMO LA ANTERIOR DEBIDO A QUE NUESTRAS DIRECCIONES SON ARCHIVADAS POR LOCALIZACION GEOGRAFICA.

*IF YOU ARE NOT NOW ON OUR MAILING LIST BUT WISH TO BE PLACE ON IT, WRITE YOUR ADDRESS BELOW AND CIRCLE "NEW".

*SI ACTUALMENTE NO SE ENCUENTRA EN NUESTRA LISTA DE DISTRIBUCION PERO DESEA ESTARLO, ESCRIBA SU DIRECCION Y CIRCULE "NEW".

Name or Current Address

Previous Address

_____ _____

_____ _____

_____ _____

*U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE: 1992-766-254